



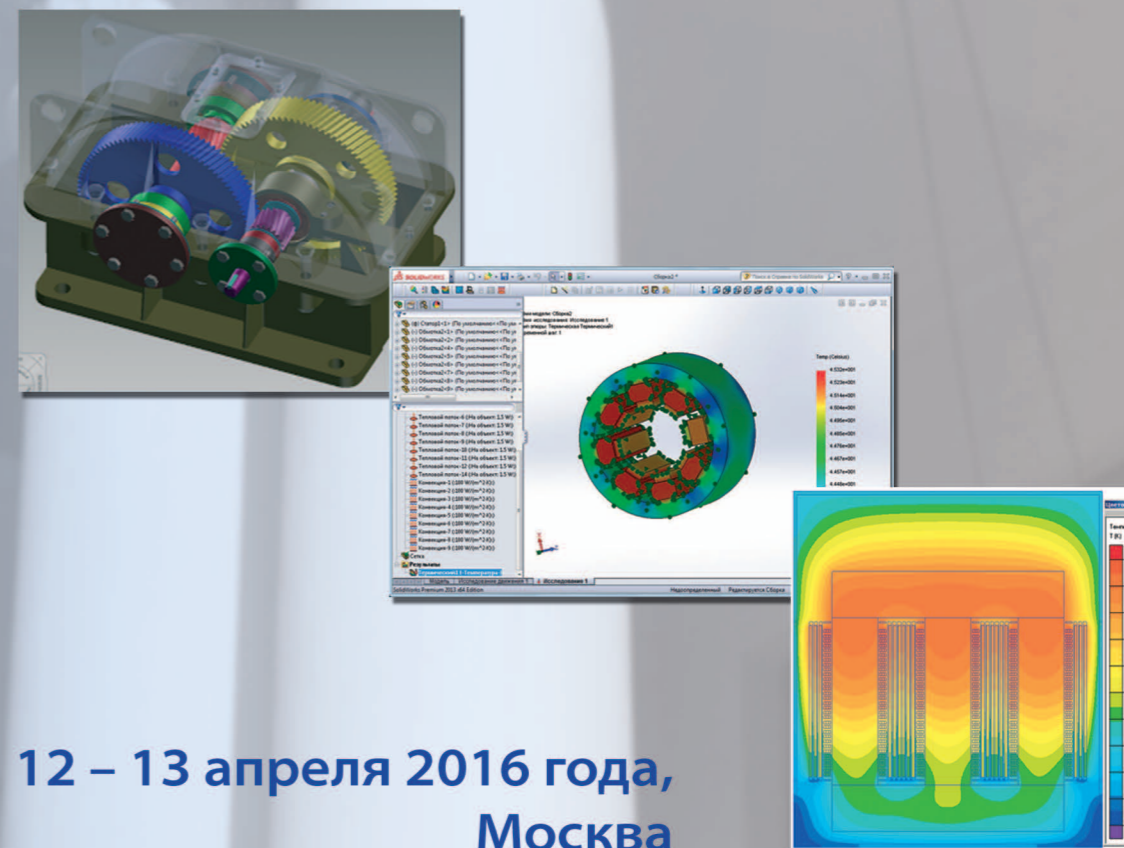
ТРУДЫ : ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ - 2016

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ МЭИ

ТРУДЫ ИнформИНО

Международной
научно-практической конференции

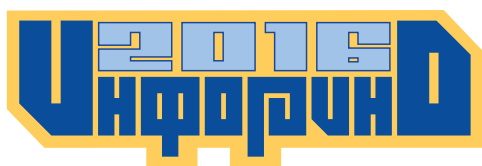
ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ



12 – 13 апреля 2016 года,
Москва

IBM МОИ PTC® Maplesoft softline® Knovel®






ТРУДЫ

Международной
научно-практической конференции

ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

12 – 13 апреля 2016 года
г. Москва

Москва
 Издательский дом МЭИ
2016

УДК 338.126
ББК 74.584
Т 782

Труды Международной научно-практической конференции «Информатизация инженерного образования» — ИНФОРИНО-2016 (Москва, 12—13 апреля 2016 г.). — М.: Издательский дом МЭИ, 2016. — 706 с.: ил.

ISBN 978-5-383-00939-0

Сборник трудов содержит доклады, отражающие основные тенденции развития и результаты информатизации инженерного образования на современном этапе по направлениям: информационное и программное обеспечение для инженерного образования, информационные технологии в инженерных расчетах и проектировании, в учебных и исследовательских лабораториях, дистанционные технологии в инженерном образовании, электронные образовательные ресурсы в инженерном образовании.

Доклады участников конференции публикуются в авторской редакции.

Научное издание

ТРУДЫ
МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ»
ИНФОРИНО-2016
12—13 апреля 2016 г.
Москва

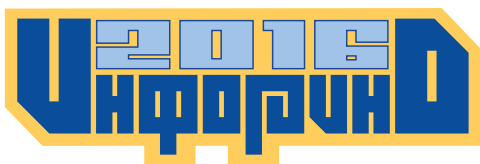
Редактор Г.Ф. Раджабова

Подписано к печати 14.03.16 Формат 60×84/8 Усл.печ.82

АО «Издательский дом МЭИ», 111250, Москва, Красноказарменная ул., д. 14а
Тел/факс: (495) 640-83-27, адрес в Интернете: <http://www.idmei.ru>,
электронная почта: info@idmei.ru

ISBN 978-5-383-00939-0

© Национальный исследовательский университет «МЭИ», 2016
© Авторы, 2016



Учредители

Международной научно-практической конференции
«Информатизация инженерного образования»
ИНФОРИНО-2016

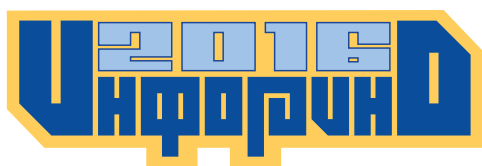
Министерство образования и науки РФ

Министерство энергетики РФ

Национальный фонд подготовки кадров

Энергетический образовательный консорциум

Национальный исследовательский университет «МЭИ»



Программный и Организационный комитеты
Международной научно-практической конференции
«Информатизация инженерного образования»
ИНФОРИНО-2016

**выражают благодарность
за поддержку:**



Компании ИБМ Восточная Европа/Азия



Компании PTC в России



Компании Maplesoft



Компании Softline



Компании Elsevier



Компании Knovel



Национальному исследовательскому университету «МЭИ»



Уважаемые коллеги!

Международная конференция «Информатизация инженерного образования» на базе Национального исследовательского университета «МЭИ» проводится уже в третий раз и неизменно вызывает большой интерес научно-педагогического сообщества как в России, так и за ее пределами. Не стала исключением и конференция ИНФОРИНО-2016, труды которой предлагаются Вашему вниманию. В сборнике опубликовано 185 докладов преподавателей и специалистов, представляющих учебные заведения и фирмы Австрии, Азербайджана, Белоруссии, Германии, Казахстана, Киргизии, Мальты, России, Украины, Чехии.

Интерес к проблемам, рассматриваемым на конференции, объясним: деятельность современного инженера немыслима без эффективного применения информационно-коммуникационных технологий, аппаратных и программных средств вычислительной техники. В современных условиях подготовка инженерных кадров, повышение качества и доступности инженерного образования также невозможны без использования методов и средств информатизации.

С пожеланием успехов участникам конференции,

ректор НИУ «МЭИ»

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Н.Д. Роголов'. The signature is fluid and cursive, written over a light blue horizontal line.

Н.Д. Роголов

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ
Международной научно-практической конференции
«Информатизация инженерного образования»
ИНФОРИНО-2016

Председатель

Рогалёв Николай Дмитриевич

НИУ «МЭИ»

Члены программного комитета

Аржанова Ирина Вадимовна

Национальный фонд подготовки кадров

Бетсис Павел

Компания «Майкрософт Рус»

Гитзельс Мартин

Департамент корпоративных технологий «Сименс» в России

Герк Саша

Elsevier, Knovel, США

Граут Вик

Университет Глиндур, Великобритания

Жангисина Гульнур Давлетжановна

Центрально-Азиатский университет, Республика Казахстан

**Жураковский Василий
Максимилианович**

Российская академия образования

Замолодчиков Владимир Николаевич

НИУ «МЭИ»

Ижванов Юрий Львович

ФГУ ГНИИ ИТТ «Информика»

Маслов Сергей Ильич

НИУ «МЭИ»

Овчарова Живка

Университет Карлсруэ, Германия

Салихов Сергей Владимирович

Министерство образования и науки РФ

Смирнов Владимир Витальевич

Министерство энергетики РФ

Соболева Елена Николаевна

Российская корпорация нанотехнологий

Тихонов Александр Николаевич

МИЭМ ВШЭ

Тепфер Ханнес

Технический университет Ильменау, Германия

Хейнлоо Мати

Эстонский университет естественных наук, Эстония

Черепов Сергей Валентинович

ЗАО «КРОК ИНКОРПОРЕЙТЕД», РФ

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ
Международной научно-практической конференции
«Информатизация инженерного образования»
ИНФОРИНО-2016

Председатель

Маслов Сергей Ильич

Члены оргкомитета

Белоусов Сергей Вячеславович

Богомолова Елена Петровна

Еремеев Александр Павлович

Желбаков Игорь Николаевич

Касаткина Елена Петровна

Ковалёв Дмитрий Игоревич

Крепков Игорь Михайлович

Липай Борис Романович

Орлов Константин Александрович

Очков Валерий Федорович

Прудникова Юлия Ивановна

Свиридов Евгений Валентинович

Тихонов Антон Иванович

Топорков Виктор Васильевич

Трофимов Алексей Валентинович

Туманов Александр Анатольевич

Ширинский Сергей Владимирович

СЕКЦИИ КОНФЕРЕНЦИИ ИНФОРИНО-2016

Секция 1. ИНФОРМАЦИОННОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Сопредседатели:
профессор **Еремеев А.П.**,
доцент **Касаткина Е.П.**,
доцент **Крепков И.М.**

Секция 2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИНЖЕНЕРНЫХ РАСЧЕТАХ И ПРОЕКТИРОВАНИИ

Сопредседатели:
профессор **Очков В.Ф.**,
профессор **Топорков В.В.**

Секция 3. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УЧЕБНЫХ И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЛАБОРАТОРИЯХ

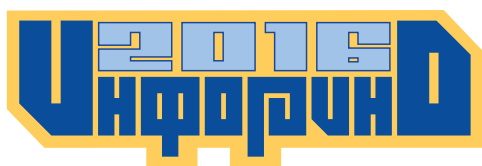
Сопредседатели:
профессор **Зимин А.М.**,
доцент **Липай Б.Р.**

Секция 4. ДИСТАНЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Сопредседатели:
доцент **Белоусов С.В.**,
профессор **Тихонов А.И.**

Секция 5. ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Председатель:
доцент **Орлов К.А.**



Секция 1

**ИНФОРМАЦИОННОЕ
И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ДЛЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

HIGHER DIMENSIONS IN MATH EDUCATION

SUMMARY

Mathematics plays an essential part in the engineering education. Many situations can be described by the math of lines, of planes, of solids (shortly one-space, two-space or three-space). Such topics could be attractive for students with a very good imagination. On the contrary, these topics could cause problems, when the imagination is poor. Furthermore, many real situations can be described using dimensions greater than three and even using non-integer dimensions (for instance fractals).

Applying mathematical software seems to be an appropriate part of an interpretation of this issue. Moreover, using of new technologies is an exciting way how to transform the learning process and how to make it more attractive and more efficient.

INTRODUCTION

In 1884 a satiric novel Flatland written by E.A. Abbott [1] was firstly published. The story is narrated by a square. This square lives in a two-dimensional universe Flatland, together with other geometric figures.

In his dream, the square visited one-dimensional world Line land. Inhabitants of this world were points. The square tried to explain them what a second dimension is, unfortunately, points were not able to understand a world with more than one dimension.

Later, the square himself was visited by a three-dimensional sphere. The square was not able to comprehend the three-dimensional Space land. Nevertheless, the square was opened to new dimensions and started to think about the possibility of the existence of four or more dimensional worlds. The square tried to convince the sphere of the possible existence of higher spatial dimensions (fourth, fifth...).

Reportedly, Isaac Asimov reviewed Flatland as the best motivation for the introduction to the study of higher dimensions.

1. VISUALIZATION OF GEOMETRIC FIGURES

In first school grades pupils become familiar with elementary geometric figures. Firstly, they learn how to draw points (zero-dimensional objects), lines and segments (one-dimension), triangles and quadrangles (two-dimensional figures) after that. An educational process occurs naturally, often using visualization. Children have no problems to cope with the curriculum. In higher grades pupils and students are introduced to solids (three-dimensional objects). They start to analyze properties and calculate lengths, areas, surfaces, volumes. Later, angles and distances

between objects are calculated. Of course, drawing and representations of geometric shapes and objects of dimensions greater than two on board is difficult, time-consuming and very often almost impossible. However, in this visualization field, immense opportunities for educators and for students are offered by math software. Despite the strong development of information technologies, at many schools the classical approach to teaching still dominates. Students perform calculations, often very nice, helpful, sophisticated and exciting, but without any geometric idea what is counted. It is important to give students this geometric idea and visualization, of course, if it is possible to give it.

Using analogies from the objects in lower dimensions enable us to make many figures and visualizations. We will show how to teach such a topic.

2. FROM A POINT TO A HYPERCUBE

The most primitive object in Euclidean geometry is a point. It is a representative of a zero-dimensional space. It has no dimension, no length, no area, no surface, no volume. However, the geometry is based on points.

One can display points on the real line. A bisection exists between points on the real line and a set of real numbers. One needs only one axis and only one real number x_1 to describe the location of any point. This number is a coordinate of the point. This coordinate defines a distance of a given point X from the origin O (fig. 1).

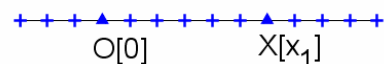


Fig. 1. Point on the real line

A line segment is a part of a line which is a set of points. Having a point located, we can obtain a segment by translating this point. The line segment is bounded by two points (two vertices) (fig. 2). Each of these points is described by one coordinate on the real line (fig. 3).



Fig. 2. Translation of a point

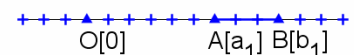


Fig. 3. Coordinate of a point in 1D space

Each of these points is described by one coordinate on the real line (fig. 3).

It is easy to find the length of the line segment, only the subtraction of values of these coordinates is needed. The distance between the points $X[x_1]$ and

$Y[y_1]$ is given by $d = |b_1 - a_1|$. Note that this formula equals $d = \sqrt{(b_1 - a_1)^2}$.

By applying a translation of a line segment in a perpendicular direction by a length that equalsto its end points distance, and connecting vertices, we obtain a square (fig. 4). The line segment has two vertices, the square has four.

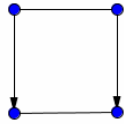


Fig. 4. Translation of a segment line

The square is a two-dimensional geometric figure. We need two axes to display such an image. Each vertex has two coordinates in this system (fig. 5).

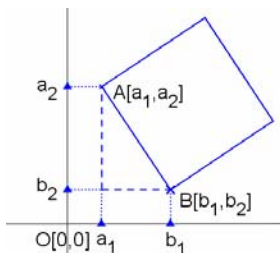


Fig. 5. Coordinates of a point in 2D space

By the Pythagorean theorem the distance between two points in two-coordinates orthogonal system can be found as the length of the hypotenuse in a right triangle. The distance is given by a following formula

$$d = \sqrt{(b_1 - a_1)^2 + (b_2 - a_2)^2}$$

A point is a zero-dimensional object, a line segment has one-dimension, a square has two. Let us use an analogy from figures in lower dimensions to visualize objects in higher dimensions.

As mentioned above, a square is possible to be formed by a translation of a line segment. Similarly, by a translation of a square in a direction perpendicular to the plane of the square, and connecting vertices, we obtain a cube, a three-dimensional figure (fig.6). A cube has eight vertices.

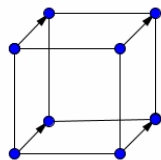


Fig. 6. Translation of a square

Each point in the three-dimensional system has three coordinates. In Euclidean three-dimensional space, the distance between two points is given by the distance formula

$$d = \sqrt{(b_1 - a_1)^2 + (b_2 - a_2)^2 + (b_3 - a_3)^2}$$

If we generalize this process, we can create a four-dimensional figure — hypercube with sixteen vertices. A three-dimensional cube can be translated in a direction perpendicular to its space. It is very difficult (not only for students) to imagine and to draw four-dimensional figures. Let us try it. We need to translate the three-dimensional cube and to connect corresponding vertices [2] (fig. 7).

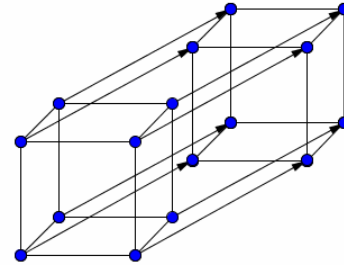


Fig. 7. Translation of a cube

A point in a four-dimensional space has four coordinates, for instance:

$$A[a_1, a_2, a_3, a_4], B[b_1, b_2, b_3, b_4]$$

The distance between two points in the four-dimensional space can be found by the formula:

$$d = \sqrt{(b_1 - a_1)^2 + (b_2 - a_2)^2 + (b_3 - a_3)^2 + (b_4 - a_4)^2}$$

3. SOME COUNTS FOR THE N-CUBE

The process described above can be generalized, formalized and analyzed to any number of dimension.

One can use a following terminology for n -dimensional body (Table 1):

Table 1

Terminology of n -cubes	
Dimension n ($n \in \mathbb{N}$)	n -cube
1	line segment
2	square
3	cube
4	hypercube
$n > 4$	n -hypercube

How many vertices, edges or faces does n -hypercube have? We can give these counts as functions of the dimension n .

The distance between two points A,B in n -dimensional Euclidean space is given by the equation

$$d = \sqrt{\sum_{i=1}^n (b_i - a_i)^2}$$

where coordinates of points are

$$A[a_1, a_2, \dots, a_n], B[b_1, b_2, \dots, b_n]$$

Let d be the side length of n -cube and components of coordinates of corners are either 0 or d .

A line segment is bounded by two points. Coordinates of these points in 1D system could be 0 and d . Vertices of a square have two coordinates in 2D,

for four corners it gives $[d,d],[d,0],[0,d],[0,0]$. For coordinates of all corners of a 3D cube we obtain eight ordered triples:

$$[d,d,d],[d,d,0],[d,0,d],[d,0,0],$$

$$[0,d,d],[0,d,0],[0,0,d],[0,0,0].$$

In general, by use of combinatorics we get the number of vertices of n -hypercube in a form 2^n .

Notice that $2^n = \binom{n}{0} 2^{n-0}$.

How to find a count of edges of n -cube as a function of n ? Each edge connects two vertices. A line segment has two vertices, it gives two edges. However, these two vertices connect each other, therefore we must divide the number of edges by two. The number of edges for a line segment is $(2 \cdot 1) / 2 = 1$. A square has four different vertices. Each vertex is connected by two neighbors, it gives two edges for each. And again, we must divide the number of edges by two. The number of edges can be calculated as $(4 \cdot 2) / 2 = 4$. In the same logic, the number of edges of a cube can be calculated as $(8 \cdot 3) / 2 = 12$ [3].

The number of edges of a hypercube which has 2^4 vertices (as derived above) is $(16 \cdot 4) / 2 = 32$.

For the general case, a correct formula for the number of edges of n -hypercube can be derived in a form $(2^n \cdot n) / 2$, shortly $2^{n-1} \cdot n$. Notice that

$$2^{n-1} \cdot n = \binom{n}{1} 2^{n-1}.$$

Similarly, one can derive that the number of faces of n -cube is $2^{n-2} \cdot n \cdot (n-1) / 2$.

Notice that

$$2^{n-2} \cdot n \cdot (n-1) / 2 = \binom{n}{2} 2^{n-2}.$$

Dependencies on n are clearly written in Table 2.

Table 2

Counts for n -cubes

Dimension of n -cube	Number of vertices	Number of edges	Number of faces
n	$\binom{n}{0} 2^{n-0}$	$\binom{n}{1} 2^{n-1}$	$\binom{n}{2} 2^{n-2}$

4. VISUALIZATION USING COMPUTER

Models for higher dimensions are difficult, we can say, impossible to draw. For these purposes, using computers in educational process seems to be essential.

For example, Wolfram Mathematica enables us to create n -cubes (fig. 8) and analyzed properties immediately (Tab. 3) to find formulas for volumes,

lengths of diagonals, maybe for number of bordering cubes and many other properties as well, of course with a respect to students abilities. Calculations for n -cubes mentioned above could be further generalized. Students should be able to apply the same formulas and equations like in 3D space?

Table 3

Counts for n -dimensional cubes

```
In[110]:= TableForm[Table[{(Binomial[n, 0]) * 2^n,
(Binomial[n, 1]) * 2^(n-1),
(Binomial[n, 2]) * 2^(n-2)}, {n, 1, 8}],
TableHeadings -> {"n=1", "n=2", "n=3",
"n=4", "n=5", "n=6", "n=7", "n=8"},
{"vertices", "edges", "faces"}]
```

Out[110]/TableForm=

	vertices	edges	faces
n=1	2	1	0
n=2	4	4	1
n=3	8	12	6
n=4	16	32	24
n=5	32	80	80
n=6	64	192	240
n=7	128	448	672
n=8	256	1024	1792

```
Table[HypercubeGraph[k], {k, 1, 8}]
```

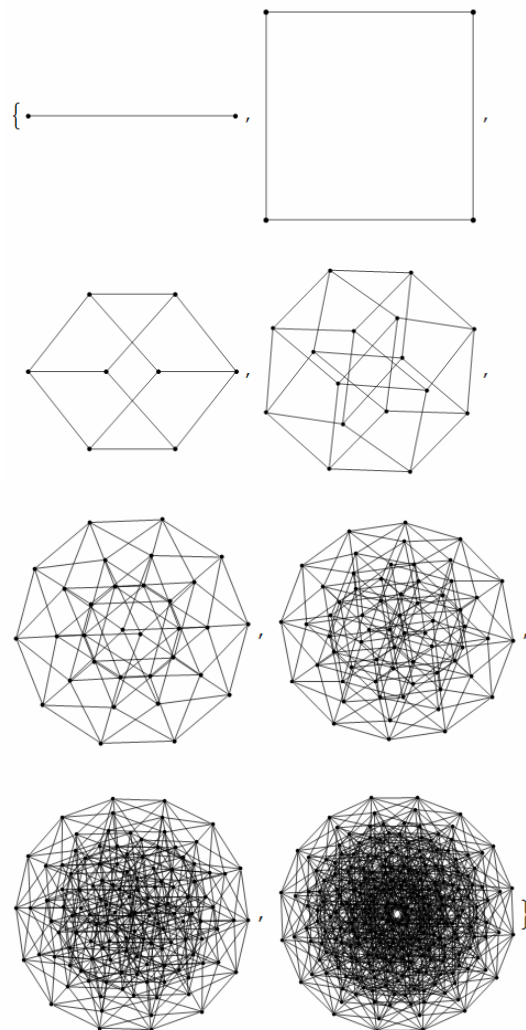


Fig. 8. Projections of n -cube ($n = 1-8$)

5. CONCLUSIONS

Calculations for n -cubes mentioned above could be further generalized. Students should be able to find formulas for volumes, lengths of diagonals, maybe for number of bordering cubes and many other properties as well, of course with a respect to students abilities.

People are not equipped to deal with higher dimensions. Shortly, the higher dimensions create a new world. Teachers should put questions: How to educate what lies beyond our world? Could someone imagine what the fourth dimension is? A hypercube is the most simple body in dimensions higher than three, but what other shapes? Can we draw them? Are we able to solve it mathematically? Is it possible?

Currently, we are working on a preparation of educational resources for topic this paper deals with. Next problems will be included, for instance a

hypersphere, some objects of fractal geometry, for younger students equations and its system solving, and its visualization in higher dimensions.

It is planned to include these exciting themes to introductory courses of mathematics for students in technical fields as well as for highschool students.

Teachers are asked to choose suitable classes and students for case studies and pilot projects. Also international cooperation in these topics is being prepared.

REFERENCES

1. **Flatland:** A Romance of Many Dimensions. E.A. Abbott, der Kindle Edition. New York, 1998.
2. **Advanced Algebra.** F. Scott. The University of Chicago School Mathematics Project. 1990.
3. **Thecurseofdimensionality.** Mario Köppen. 5th Online WorldConference on Soft Computing in IndustrialApplications, 2000.

Яна Калова

jkalova@prf.jcu.cz

Южночешский университет, Факультет естественных наук, кафедра математики
и биоматематики, Ческе-Будеёвице, Чешская Республика

ВЫСШИЕ РАЗМЕРНОСТИ В МАТЕМАТИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

АННОТАЦИЯ

Математика играет очень важную роль в инженерном образовании. Многие ситуации на занятиях могут быть описаны математикой линий, плоскостей, тел. Такие темы могут быть привлекательными не только для студентов с очень хорошим воображением, но и для тех, у кого эти темы могут вызвать затруднения. Кроме того, многие реальные образовательные ситуации могут быть описаны с помощью объектов с более чем тремя размерностями и даже с использованием не целых размерностей (например, фракталов).

Использование новых технологий — это захватывающий способ, позволяющий изменить процесс обучения и сделать этот процесс более привлекательным и более эффективным.

HOW TO DEVELOP SPATIAL ABILITY? RESULTS FROM THE RESEARCH PROJECT GEODIKON

SUMMARY

The article discusses the results of the analyses of the spatial ability project GeodiKon. 903 students were taking part in this project in which the major aim was to find out whether the training of each factor of spatial ability and of a repertoire of strategies for solving spatial tasks will lead to an improvement of spatial ability. It will refer to the findings regarding the use of different strategies for solving spatial tasks, promising strategies for solving spatial tasks, gender-specific results, and the results of the SOT.

1. THE RESEARCH QUESTION AND THE AIMS OF THE PROJECT

The research project GeodiKon (development of a didactical concept for geometry education) has been accepted for funding by the Austrian Ministry for Education and the University of Education Salzburg. The Austrian project team includes members from eight Universities and Universities of Education. The project deals with the question of optimal support for and the development of the factors of spatial ability, and also with the deliberate training of different strategies for solving spatial tasks. The underlying hypothesis of the project is the following: Training (making aware, categorizing, internalizing) of each factor of spatial ability and training of the repertoire of strategies for solving spatial tasks will lead to an improvement of spatial ability.

The major aims of the project are:

- Development of specific learning materials for the training of the four factors visualization, spatial relations, mental rotation, and spatial orientation of spatial ability (Linn and Petersen, 1985; Maier, 1994; Maresch 2014b; Thurstone, 1950) with the aim to train a balanced and extensive development of the learners' spatial ability
- Development of a contemporary model of the factors of spatial ability. The factor-based model of spatial ability for the project GeodiKon contains the four factors (Maresch, 2015):
 1. Visualization
 2. Spatial Relation
 3. Mental Rotation
 4. Spatial Orientation.
- Development of a structured model of strategies (holistic strategy, analytical strategy, spatial thinking, planar thinking, move object, move self, verifying strategy and falsifying strategy) for solving spatial

tasks (Barratt, 1953; Just and Carpenter, 1985; Maresch, 2014a) with the aim to extend the learners' repertoire of problem solving strategies

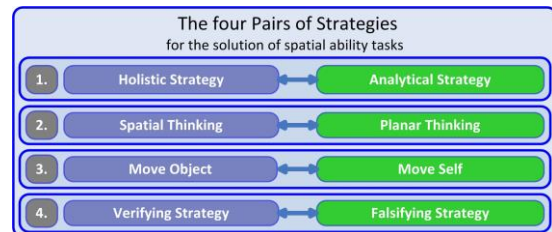


Fig. 1. The model of the four pairs of strategies for the solution of spatial ability tasks (Maresch, 2014a)

– Providing a user-friendly book with all specific learning materials of the project for lecturers for mathematics and geometry (Maresch et al., 2014c), training for teachers and lecturers how to use the materials in classes, and dissemination of the results of the project in conference presentations and papers (further details in regards to tasks, material, papers and talks: www.geotic.at).

2. THE TEST BATTERY

The test battery of the pre-test and the post-test consisted of four spatial ability tests (Three Dimensional Cube Test (3DW) (Gittler, 1984), Differential Aptitude Test (DAT) (Bennett, Seashore, and Wesman, 1973), Mental Rotation Test (MRT) (Peters et al., 1995), and Spatial Orientation Test (SOT) (Hegarty and Waller, 2004)) and additional questions about the spatial tasks used for solving strategies and questions about age, gender, marks, computer interests, and sport/leisure time activities.

3. RESULTS

46 test classes with 903 students at the age of 12 to 14 years from all types of secondary schools in the three Austrian provinces of Salzburg, Styria and Lower Austria took part in the project.

1. Sensitivity of Gender

The analyses of the project data of the groups who worked with the learning materials showed clearly that female and male students have *different basic strengths* regarding the factors of spatial ability. Male students have greater basic strengths in the factors visualization, mental rotation and spatial orientation. The factor spatial relations is “gender neutral”.

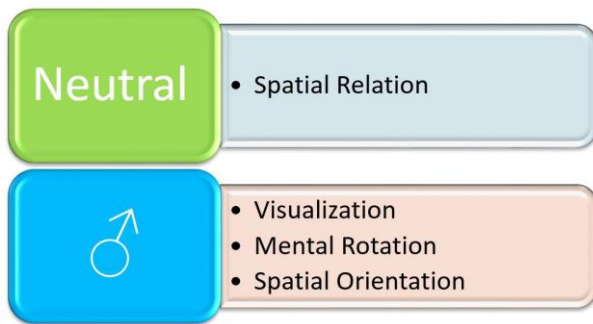


Fig. 2. Different basic strength of female and male students in regards to spatial ability

The analyses of the project data of these groups also showed clearly that female and male students have *different growth potential* regarding the factors of spatial ability. Female students have a greater growth potential in the three factors visualization, spatial relations and mental rotation. Male students have a greater growth potential in the factor spatial orientation.

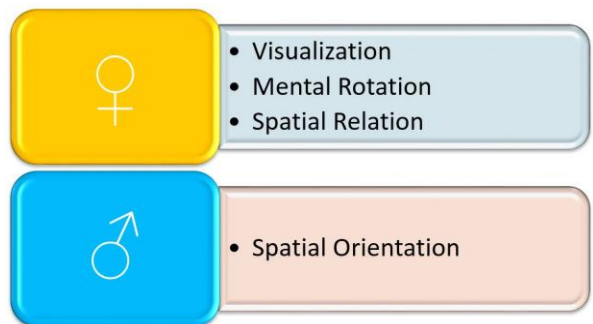


Fig. 3. Different growth potential of female and male students in regards to spatial ability

2. Change of Strategies from the Pre-Tests to the Post-Tests

The focus of these analyses was put on finding out how the students changed their solving strategies from the pre-tests to the post-tests.

A highly significant change of the solving strategies used in the 3DW Test can be determined ($F_{4; 694} = 12.026$; $p < 0.001$). In the post-tests the students much more used the holistic strategy and the move object strategy. Also in this test a highly significant change of the solving strategies used can be determined ($F_{4; 682} = 13.491$; $p < 0.001$) in the DAT. We can see that the probands much more used the holistic strategy and the move object strategy in the post-tests. As in both tests above, also in the MRT we can determine a highly significant change of the solving strategies used in the MRT ($F_{4; 706} = 11.497$; $p < 0.001$). Here the students changed from the move self strategy in the pre-tests to the move object strategy in the post-tests. Finally, also in the SOT a highly significant change of the solving strategies used can be noted ($F_{4; 673} = 3.518$; $p = 0.007$). Probands more often used the analytic strategy and the planar strategy in the post-tests (Svecnik, 2014).

3. Do promising strategies for solving spatial tasks exist?

To find out more about the influence of the spatial task solution strategies used by the students on their performance, we used regression models in which gender, school type, school level and all the items of the strategy questions were included. Their contribution to the variance explanation has been determined beforehand. We can see that the same two promising strategies (analytical strategy and spatial strategy) are used in the 3DW Test and in the DAT. In contrast, in the MRT and the SOT we can notice that other strategies seem to be more promising (MRT: holistic strategy, spatial strategy, and move object strategy; SOT: move object strategy and the falsifying strategy).

4. Results of the Spatial Orientation Test (SOT)

In the SOT we can see that the performance of the 12 years old and 14 years old students is much lower (average deviation of 59.04°) than the performance of 17 years old students (average deviation of 30°) (Dünser, 2005).

We analyzed the assumption whether the absolute angular error increases with the angular deviation of one's imagined heading (perspective) from the orientation of the array. We can see clearly that the absolute angular error does increase with the angular deviation of one's imagined heading (perspective) from the orientation of the array in general. We therefore can confirm the results of Kozhevnikov and Hegarty (2001).

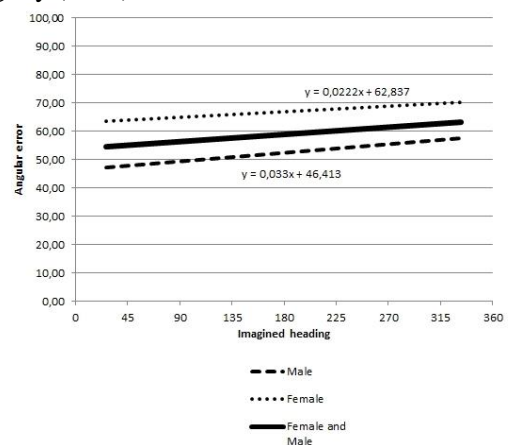


Fig. 4. Absolute angular error increase with the angular deviation of one's imagined heading (horizontal axis) from the orientation of the array (vertical axis)

Because of the very challenging analyses of the data from the SOT and the wish to provide a sufficiently helpful and meaningful feedback of the results of the SOT to test persons we developed a new method for the analyses of the SOT (Maresch, 2016). The new method is called the "differentiated presentation and feedback method" (DIAM). The core of the new method is the fact that students solve the SOT in two different steps. The first is to locate

the solution angle in the correct quadrant/semicircle and the second step is to place the best possible solution angle. DIAM should provide enough information for researchers for detailed analyses of the results of the SOT and it should offer a differentiated and therefore helpful feedback for test persons (Maresch, 2016).

4. DISCUSSION AND PROSPECTS

It is remarkable that even during the very short treatment phase of 12 weeks the students of all groups showed a highly significant increase of performance in all four spatial ability tests. Many effects can be responsible for this unspecific trend: learning effects (Svecnik, 2014), training effects because of the test repetition, ripening process effects, development process effects, treatment effects, and combinations of these effects. The highly significant increase of performance could be a verification of the research work of Thurstone (1955). He argued that children between 5 and 14 years of age show a very high potential for the development of their spatial ability. This leads to the conclusion that we should make as much effort as possible to train, support, and encourage spatial ability in school from the very beginning (age of 5 or 6 years) up to 14 years.

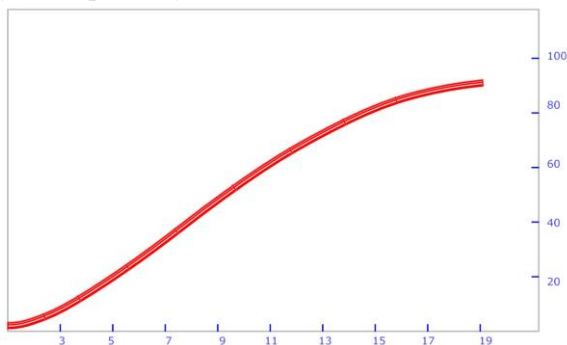


Fig. 5. Development of spatial ability. The vertical axis shows the percentage of the development and the horizontal axis shows the age of individuals. (see also Thurstone, 1955)

It can be noted that those groups who have geometry lessons perform much better in every of the four spatial ability tests used in the project than the control group. In two tests (3DW Test and MRT) the students of the geometry groups have a significantly higher performance than the probands of the control group even in the pre-tests.

It has to be noted that the four spatial ability tests which were used in the project are “classical” paper-pencil-tests. These tests are apt to show the abilities of the students in the four “classical” factors of spatial ability. Other spatial abilities (e.g. dynamic spatial ability, small scale/large scale spatial ability, and working memory), which have mainly been identified during the last 20 years, were not in the focus of this project. This leads to the following questions: Which kind of spatial abilities do we train in school? Mainly “classical” spatial abilities, or

even also the “new” spatial abilities as mentioned above? Should we include more training of “new” spatial abilities? Further projects will pay attention to these questions.

The gender sensitive analyses of the project show that female students have a significant treatment effect in the 3DW Test. It is remarkable that in all three treatment groups the increase of performance in the 3DW Test is much higher for girls than for boys, and that it is exactly the other way round in the control group. Here the male probands have a higher improvement than the female probands. The MRT was the only speeded-power test in the test battery of the project. Male probands edited more examples and they also had more items correctly solved than female students. In the SOT male students had a better performance in the pre-tests and in the post-tests. The gender sensitive analyses point out that male and female individuals have different basic strengths in regards to spatial ability and different growth potential in regards to the factors of spatial ability.

Individuals use a big variety of different strategies for solving spatial ability tasks, and they even combine them in many different ways. This leads to the conclusion that students should be familiar with a big repertoire of different solving strategies for spatial ability tasks to be able to use them in many different ways and combinations. Students must develop a kind of metaknowledge to be able to handle this wide repertoire consciously. Students very often change their strategies between the pre-test to the post-test in same tasks. This is an indication for the fact that with growing routine individuals edit tasks in a different way. Individuals use more new and efficient strategies only when they have sufficient routine in a topic. This leads to the following didactical guiding idea: Teachers should discuss special and selected topics long enough that students can develop a sufficient routine in these fields. Only then students will get to know new and efficient solving strategies even in school and learn how to use them in a meaningful way.

REFERENCES

1. **Barratt B.S.** An analysis of verbal reports of solving problems as an aid in defining spatial factors // *The Journal of Psychology*. 1953. No 36.
2. **Bennett G.K., Seashore H.G., & Wesman A.G.** Differential aptitude tests, forms S and T. New York: The Psychological Corporation, 1973.
3. **Dünser A.** Trainierbarkeit der Raumvorstellung mit Augmented Reality. Universität Wien, Fakultät für Psychologie, Dissertation, 2005.
4. **Gittler G.** Entwicklung und Erprobung eines neuen Testinstruments zur Messung des räumlichen Vorstellungsvermögens // *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*. 1984. 2. P. 141—165.
5. **Glueck J., Kaufmann H., Duenser A., & Steinbuegl K.** Geometrie und Raumvorstellung // *Psychologische*

- Perspektiven. Informationsblätter der Geometrie (IBDG). 2005. No 24/1. P. 4—11.
6. **Hegarty M., & Waller D.** A dissociation between mental rotation and perspective-taking spatial abilities // *Intelligence*. 2004. No 32. P. 175—191.
 7. **Hosenfeld I., Strauss B., & Köller O.** Geschlechtsdifferenzen bei Raumvorstellungsaufgaben — eine Frage der Strategie? *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*. Bern: Verlag Hans Huber, 1997.
 8. **Just M.A., & Carpenter P.A.** Cognitive Coordinate Systems: Accounts of Mental Rotation and Individual Differences in Spatial Ability. *Psychological Review*. 1985. P. 92.
 9. **Kozhevnikov M., & Hegarty M.** A dissociation between object-manipulation spatial ability and spatial orientation abilities // *Memory and Cognition*. 2001. No 29. P. 745—756.
 10. **Linn M.C., & Petersen A.C.** Emergence and characterization of sex differences on spatial ability: a meta-analysis // *Child Development*. 1985. No 56. P. 1479—1498.
 11. **Maier H.P.** Räumliches Vorstellungsvermögen: Komponenten, geschlechtsspezifische Differenzen, Relevanz, Entwicklung und Realisierung in der Realschule. Europäische Hochschulschriften, Reihe 6, Psychologie, Band 493. 1994.
 12. **Maresch G.** A suggestion for a differentiated presentation and feedback method (DIAM) for the Spatial Orientation Test (SOT); Accepted for *Journal for Geometry and Graphics*, 20(1), 91-109. Lemgo: Helderermann. 2016.
 13. **Maresch G.** How to develop spatial ability? Factors, Strategies, and Gender Specific Findings. *Journal for Geometry and Graphics*, 19(1), 133-157. Lemgo: Helderermann. 2015.
 14. **Maresch G.** Strategies for Assessing Spatial Ability Tasks. *Journal for Geometry and Graphics*, Helderermann. 2014a.
 15. **Maresch G.** Spatial Ability — The Phases of Spatial Ability Research. *Journal for Geometry and Graphics*, Helderermann. 2014b.
 16. **Maresch G., Mueller Th., Scheiber K. (eds).** GeodiKon. Die Lernmaterialien. Praktische Raumvorstellungsübungen für den Geometrie- und Mathematikunterricht mit Lösungen. Second edition. web: <http://www.studienverlag.at/page.cfm?vpath=buecher/buchdetail&titnr=5415>, Innsbruck: Studienverlag. (2014bc).
 17. **A Redrawn Vandenberg & Kuse Mental Rotations Test: Different Versions and Factors that affect Performance / M. Peters, B. Laeng, K. Latham et al. // Brain and Cognition. 1995. No 28. P. 39—58.**
 18. **Svecnik E.** GeodiKon Posttest - Ergebnisse der Datenanalysen. Statistische Gesamtauswertung des Projekts GeodiKon. Retrieved from. 2014. <http://www.geotic.at/docs/Posttest-Analysen-GeodiKon-Svecnik-140703.pdf>.
 19. **Thurstone L.L.** Some primary abilities in visual thinking. Psychometric Laboratory Research Report. 59, University of Chicago Press, Chicago. 1950.
 20. **Thurstone L.L.** The differential growth of mental abilities. Chapel Hill, North Carolina: Univ. of North Carolina Psychometric Laboratory. 1955. No. 14.

TO DETERMINE THE SHADE CONTOUR OF THE AXIAL ROULED HELICOID

SUMMARY

The operational advantages of computer modelling (accuracy, the possibility to draw in space, the library of geometrical entities, and the possibility to obtain in real time dynamic images, interactive, having chiaro-scuro) reduce the execution times and make it preferable over the exercise of drawing as a representation medium: the ability of “making by signs” (far = making, di segno = by sign, i.e. disegno = drawing) does not seem to be fundamental any more. The computer model seems to produce convincing “effects” with minimum effort whilst the graphical model gives a static and relatively reliable idea. In generating both the computer and graphical models the procedure is essentially the same. The aim is to represent three-dimensional solutions.

INTRODUCTION

To solve/develop/modify a volume in the complexity of space Descriptive Geometry does not rely on formulae: it is a continuous reference and application fundamental geometrical concepts ... always the same ... with rigor ... for the “pleasure” of a final verification. If the practice of representation “...c'est un moyen de rechercher la vérité...” computer modelling accomplishes this task as a tool to organize the geometrical entities in the construction of models making it possible to evaluate, in real time, the effectiveness and utility of the same representation and facilitating the control of the formal solution in the pre-representation stage. It is hence possible to dive and think in space: with the software for metric and perceptive checking of shapes (...de représenter avec exactitude...) and with the Science of Representation for the conscious/critical use of the same (shapes) considering both procedures in their entirety, integrated and complimentary with the aim to contribute to the renewal “of a vast heritage of knowledge and of a noble and ancient tradition”. To solve the notable classical problems the two procedures can be integrated: a) construction of the computer model following the rules of Descriptive Geometry; b) verification, with the software’s commands, of the effective reciprocal belongings/relationships etc ... (accuracy). Once the entity object of study is defined the geometrical characteristics are controlled. The solution of metric problems or the search for particular geometrical quantities has a practical aspect in the design stage. In this contribution the importance of the electronic instrument is demonstrated to illustrate the logical processes that bring to the solution of a problem that in the traditional modes of teaching are not defined,

making learning rather difficult.(Fig. A) The study case concerns the field of the linear shadows and chiaro-scuro that in the classical representations had an important role in visual communication and that computer representation has developed enormously from photo-realism to augmented reality. (Fig. B) But to understand the geometrical reasons that are the basis of the automatic formulations of the images, the student must trained at the spatial control of the geometrical entities to find the solution of the problem. Gaining a certain ‘spatial ability’ s/he will be able to undertake the professional activity from both the technical and creative point of views.

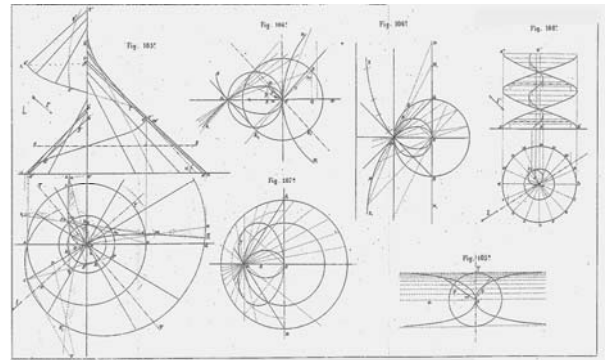


Fig. A

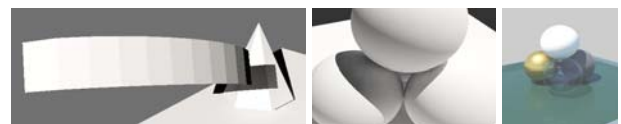


Fig. B

1. DEMONSTRATION

“The “sub-perpendicular”(SN =|f(x)f'(x)|) (in the polar coordinate system), is constant for all points of the spiral and equal to the circle’s radius, whose rectified circumference equals the pitch of the same spiral.” If the angle of generatrix g with axis a , vertical, of the helicoid is not right-angled we will have a humped helicoid otherwise called the surface of the screw with triangular section. The trace on the horizontal plane is a spiral called Archimede’s spiral (Fig.1a). We will have $p = h \times \cot. \alpha$ (Fig.1b). Building perpendiculars at a convenient number of points of the above mentioned Archmede’s spiral (base section of the surface under examination) the first projection of the shade required contour will be determined (Burmester’s method). Tangent ts at a point c to the base spiral is found. Said tangent is the parallel to trace tso that plane σ , tangent to helicoid at c , generates on the horizontal plane O (trace in $t2o$) placed at an altitude equal to one quarter of the helicoid’s pitch.

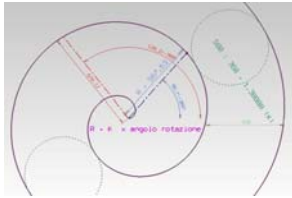


Fig. 1a

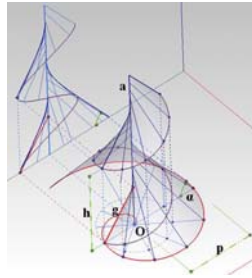


Fig. 1b

Therefore segment $c\phi'$, tangent to circumference ec' , first projection of the helix passing through c , is equal to the fourth part of said circumference and segment $c\gamma'$ (being γ the point of intersection of generatrix gc , passing through c , with the mentioned horizontal plane) is equal to one quarter of the spiral's pitch (Fig. 1c). The perpendicular to the vector radius Oc , traced from base/foot O of the surface's axis, meets the perpendicular ps (to spiral in c) at point K .

Segment OK is known as the “sub-perpendicular” of point c . Having described a circle of radius $r = OK$ we will call it the circle of “sub-perpendiculars” sn and we have $r = p/2\pi = h/2\pi \times \cot.\alpha$ (Fig. 1d) (1).

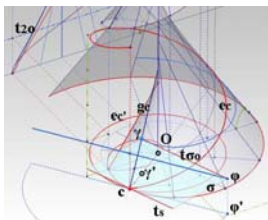


Fig. 1c

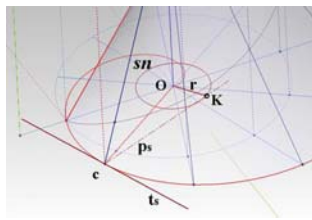


Fig. 1d

Having assigned the light ray l , the exit point Ω is determined. If we call p and q the two points in which the perpendicular to the spiral (base section) $n(c)K$ meets epicycle ep of radius $O\Omega$, and by referring to what well-know, we can locate the first projections of the two branches $S1'$ and $S2'$ of the shade contour of the lower slope of the helicoid (Fig. 1e-Fig. 1f-Fig. 1g).

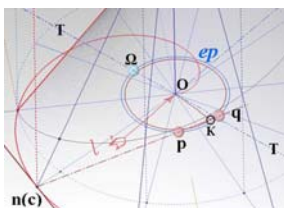


Fig. 1e

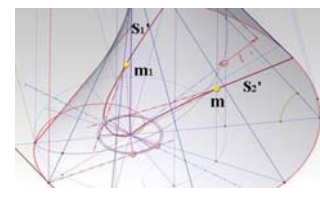


Fig. 1f



Fig. 1g

Considering generatrix gs in its extension past the axis, we will have the upper slope of the helicoid (Fig. 1h-Fig. 1i).

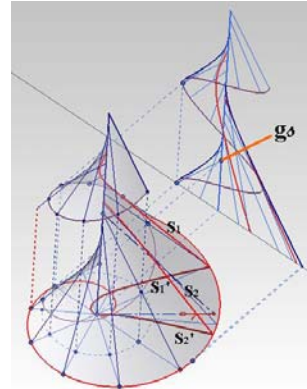


Fig. 1h

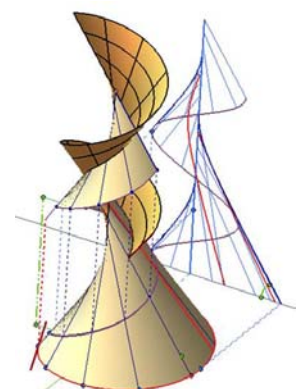


Fig. 1i

This second part of the surface will have a shade contour, even this made up of two branches that will form a continuous line with those of the lower slope (Fig. 1j).

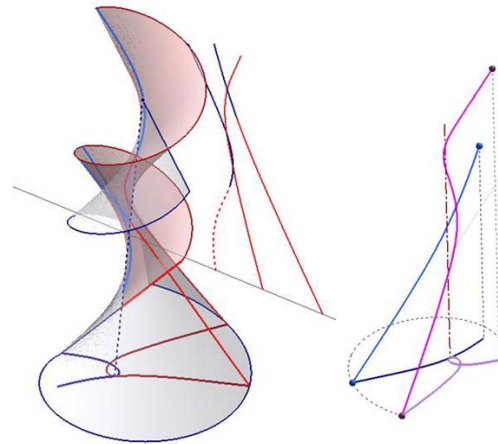


Fig. 1j

The projections of the shade contours turn out to be symmetric with respect to segment ΩO (Fig. 1e). To further define the projections of the shade contour, whose constructions are reported in the following text, we can determine the points in which said projections meet notable curves of the surface. “Let us suppose that r' is one of the required points. Let us make the system rotate around the fixed centre O , so that point r' arrives in e' (projection of point e belonging to a helix of the surface). The perpendicular to Oe' brought from O will therefore take the position Ot , perpendicular to Oe' . Let the two points e, t meet (on the circle of the “sub-perpendiculars” sn), and extend such line up to the meeting in ω of circle (ep) described by radius $O\Omega$. Making now the system rotate in the opposite sense, so that point ω comes to coincide in Ω , line $\omega e'$ will take the position $\Omega r'$, and therefore point r' will be determined this way. The previously mentioned te' intersects mentioned circle (ep) even at point $\omega 1$, so that making the system rotate so that this point

comes to coincide in Ω , we will obtain the other required point s' (Fig.1k). The meeting point of the horizontal projection of the surface, with the projection of any generatrix, is also easily found. Take for instance the generatrix projected horizontally in OA .

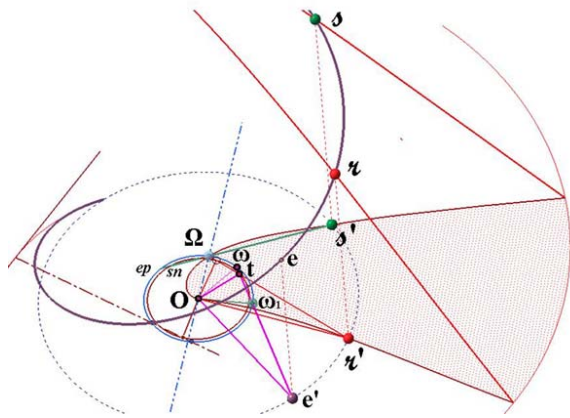


Fig. 1k

Bring from O the perpendicular to this line, up to the meeting point of the circumference of the circle of the “sub-perpendiculars” (sn) in point f . Join this point with Ω . This intersects the horizontal projection of the shade contour that is considered in G' , that clearly is the required point.” (Fig.1 l)

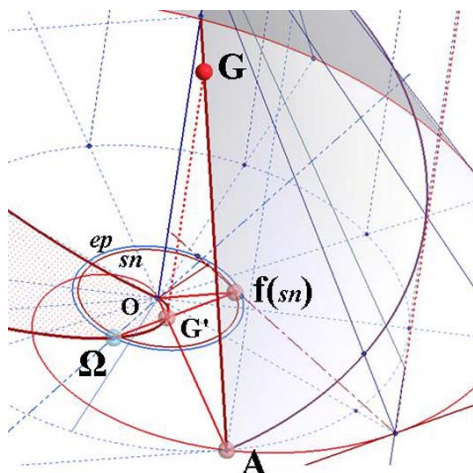


Fig. 1l

Having traced the first projections of the shade contour of the helicoid the corresponding vertical projections are obtained. A point of the projections under examination coincides with one belonging to the first projection of a generatrix that intersects the axis with a known inclination with respect to the horizontal plane. With appropriate rotations of the system, the vertical projections of the points chosen each time on the horizontal projections, are located.

(1) We want to prove that segment OK , “sub-perpendicular” in point c to the base spiral, is constant for all points of the spiral (Fig.1c-Fig.1d). Triangles $\gamma'c\phi'$, kOc are similar so that $\underline{\gamma'c : c\phi' = KO : Oc}$. The pitch of the spiral will be p , whilst s is the “sub-perpendicular” KO . Furthermore $\underline{\gamma'c =$

$\underline{p/4}$ and $\underline{c\phi' = 1/2\pi \cdot Oc}$. Substituting in the proportion we will have $\underline{p/a : 1/2\pi Oc = s:Oc}$ for which $\underline{p : 2\pi \cdot Oc = s:Oc}$ from which we derive $\underline{p : 2\pi = s}$. Hence the value of the “sub-perpendicular” is constant, and independent from the position of the point being considered. Furthermore $2\pi s = p$: the “sub-perpendicular” is the radius of a circle whose rectified circumference has a length equal to the pitch of the base spiral. After having determined the exit point Ω and the circle of the “sub-perpendiculars” sn , independently from the base section, there exists a very simple way to trace the first projections of the shade contours of the helicoid. “From point Ω we bring any secant line, circle sn , like ΩK . Let K be one of the intersection points. Join point K with centre O , and from this bring the perpendicular to line OK up to the meeting point of the previously mentioned secant line, in point M' . Evidently this point belongs to the curve that we examine”. “It turns out to be symmetric with respect to line ΩO , and is composed of two tangent branches in point O , one of which presents a double point in Ω ” (Fig.1j-Fig.2a-Fig.2b).

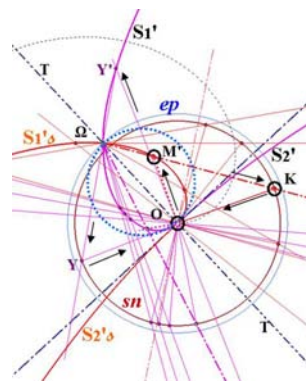


Fig. 2a

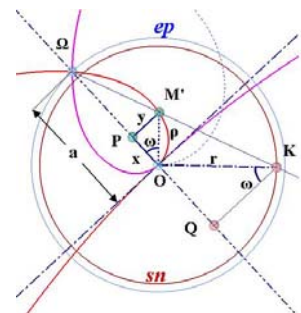


Fig. 2b

In the case when the light rays turn out to be perpendicular to the front vertical plane the shade contour becomes the apparent contour of the helicoid in second projection. The exit point Ω moves to infinity”.The construction is the same of Fig. 2a (Fig.3a). “When the inclination of the light rays is equal to angle α , i.e. equal to that of the generatrix, the exit point Ω clearly falls on the circumference of circle (sn) of the “sub-perpendicular”. Executing even in this assumption the operation well know ...” we note that the projection of a branch of the shade contour turns out to be made up of a (pink) line projection of the generatrix parallel to the light rays and of a (violet) curve projection of the curved part of the objective shade contour (Fig.4a) (3).

“If, finally, the inclination of the light rays is greater than angle α point Ω passes on the inside of the circle (sn) of the “sub-perpendiculars”. The curve in such case does not have points at infinity, and consequently it is closed. It is always obtained in the same way ...” (Fig.5a) (4).

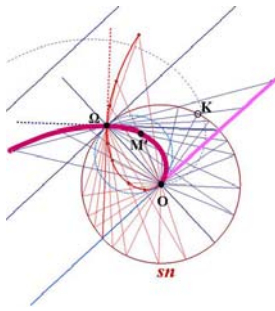


Fig. 3a

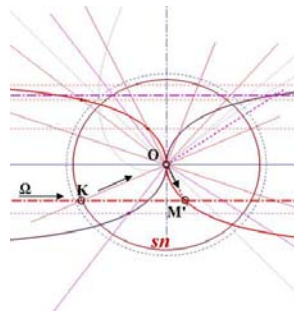


Fig. 4a

(2) “This is how we can find the equation of that curve, in polar coordinates: let be **O** (Fig.2b) the pole of the coordinates, **OΩ** the axis, so that it will be **OM'=ρ** and **ΩOM'=ω** the coordinates of point **M'**. Let us denote by **r** the radius of the circle of the “sub-perpendiculars” **sn**; with a distance **OΩ**.”

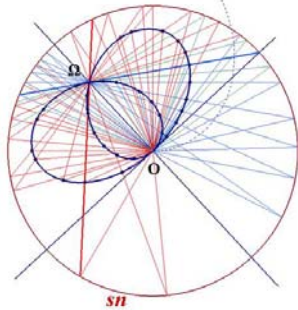


Fig. 5a

Form the two similar triangles **M'ΩP**, **KΩQ** we derive the proportion: **M'P / KQ = ΩP / ΩQ** and substituting the value of these segments we have: **ρ senω / rcosω = a-ρcosω / a+rseñω** From which we obtain the value of **ρ=ar x cosω / r+a x senω** which is the equation of the curve. In Cartesian coordinates, being **M'P = y**, **OP = x**, it will be transformed to: **r²(x²+y²-ax)² = a² y² (x²+y²).. (1)** Which tells that our line of fourth order. In the particular case, in which the light rays would be perpendicular to the vertical plane, the exit point **Ω** will pass at infinity. In that case that curve becomes the horizontal projection of the apparent contour of the helicoid with respect to the front vertical plane. It is obtained with the same procedure, and it is seen represented in Fig.3a. In that case it is symmetric respectively to axis **Ox** as to axis **Oy**. Placing in the previous two equations **a = ∞** they become: **ρ = r cot ω** ; **y²(x²+y²) = r² x²**; ... which are the equations of the curve in polar coordinates, and in Cartesian coordinates.” (3) “The equation of the curve is obtained, placing in the above-mentioned equation (1) **a = r**...By this substitution it becomes: **x|x³+xy²-2r(x³+y²)+r²x| = 0**, which represents a line coinciding with the axis of the **y**, and a line of third order.” (4) “The equation of the same is again the one given in note ...” in Fig.2b. If generatrix **AO** is perpendicular to the axis we have the normal axial helicoid commonly called

humped helicoid with leading plane or even surface of the screw with rectangular cross-section (Fig.6a). The base section is reduced to line **OA** that rotating around **O** takes up position **O1'**, **O2'**, **O3'**...of the projections of the successive positions of the line during the rotation-translation that generates a slope of the surface. Same is said for generatrix **OB**. Having established the light ray we will have exit point **Ω**.

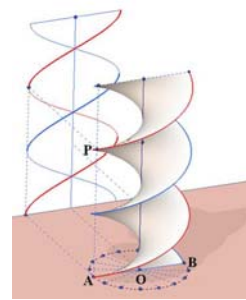


Fig. 6a

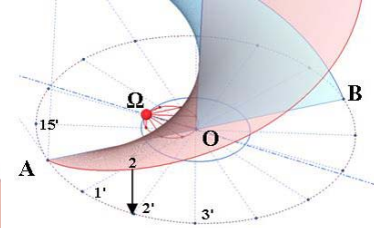


Fig. 6b

The base/foot of the perpendiculars from **Ω** to the various positions of generatrix **OA** locates points of the circle, of diameter **ΩO**, projection of the shade contour of the surface (Fig.6b). With the help of the software we visualise the shade contour helix that belongs to the cylinder that has as trace the mentioned circle. It can be seen as the intersection of this cylinder with the surface and is made up of coils, intersections with the two slopes, that alternatively make up the shade contour (Fig.6c). Furthermore we can visualise the cast shadows and self-induced shadows for a complete representation (Fig.6d) (5). (5) “... in that case Archimedes’ spiral goes all to infinity, and the pitch of the same becomes infinite. Therefore even the radius of the circle of the “sub-perpendiculars” becomes infinity. Executing the construction therein explained (Figures 2) we obtain two coinciding circles. Furthermore put **r = ∞**, in equation (1) of the horizontal projection of the shade contour. Dividing the equation by **r** we have: **(y²-ax+x²)²=0** that represents two coinciding circles, having as diameter line **ΩO**, which precisely confirms what has been mentioned above.”

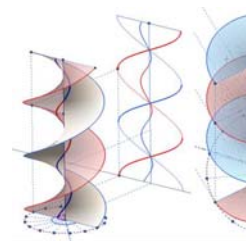


Fig. 6c

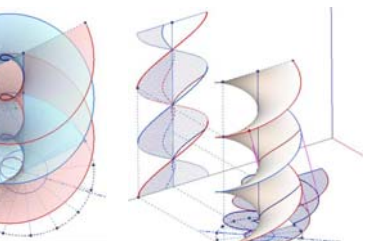


Fig. 6d

2. BIBLIOGRAPHY

Domenico Tessari

La teoria delle ombre lineari e del chiaroscuro-Torino. 1880.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО АНАЛИЗ И ФОРМИРОВАНИЕ ПОДБОРКИ СТАТЕЙ ИЗ ИНТЕРНЕТ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ WIKI ДЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ БИБЛИОТЕК И БАЗ ЗНАНИЙ

АННОТАЦИЯ

Данная работа посвящена вопросам, связанным с разработкой программных средств, способных выполнять анализ информации, содержащейся в сети Интернет, и автоматически формировать подборки Интернет-статей для компьютерных средств обучения и, в частности, электронных библиотек и баз знаний по различным предметным областям и научным дисциплинам с использованием активно развивающейся и популярной сегодня Интернет технологии wiki.

ВВЕДЕНИЕ

Совершенствование компьютерных средств обучения (КСО) тесно связано с активным развитием Интернет и Web-технологий, технологий дистанционного обучения и разработкой современных электронных библиотек (ЭБ), корпоративных и частных баз знаний (БЗ).

Одной из актуальных задач, связанных с созданием и использованием КСО, является разработка компьютерных (электронных) ЭБ и БЗ по различным предметным областям [1]. Данной проблематикой активно занимаются крупные компании и консорциумы, разрабатывая корпоративные БЗ, а также научно-исследовательские организации и учебные учреждения (университеты, институты и др.), создавая ЭБ и БЗ по различным предметным областям, а также базы и хранилища общих знаний.

В данной работе рассматриваются различные аспекты, связанные с разработкой программных средств анализа и автоматического формирования подборок Интернет-статей для ЭБ и БЗ на основе технологии wiki [2].

1. ТЕХНОЛОГИЯ WIKI

Wiki — открытая технология Интернет, основополагающий принцип которой заключается в том, что любой посетитель wiki-ресурса может самостоятельно изменить его структуру и содержимое с помощью инструментов, предоставляемых таким ресурсом.

Технология wiki характеризуется следующими основными признаками:

- совместной работой и контролем версий;
- языком wiki-разметки;
- использованием гипертекста.

Технология wiki позволяет любому участнику сообщества вносить изменения в содержимое

ресурса (сайта), однако необходимо заметить, что над одним документом в конкретный момент времени может работать только один редактор. Важной составляющей совместной работы является контроль версий. Wiki-системы позволяют сравнивать разные версии документа, отслеживать вносимые правки, обсуждать изменения, предлагать или отклонять новые материалы, восстанавливать предыдущие версии документа.

Ещё одной особенностью wiki-систем являются правила построения связей между гипертекстовыми документами. В отличие от традиционного гипертекста для обращения к документу на wiki- ресурсе достаточно указать его название, которое совпадает с заголовком документа. Это облегчает как создание ссылок между существующими документами, так и создание новых документов. Если пользователь запрашивает несуществующий документ, тогда система предлагает создать документ с таким именем.

2. СЕМАНТИЧЕСКИЙ WIKI

Несмотря на все преимущества, традиционные wiki-системы имеют ряд недостатков, которые проявляются при увеличении БЗ. Среди проблем классических wiki-систем можно выделить неупорядоченность информации и невозможность структурирования, что может привести к сложности поиска и извлечения знаний и необходимости идентификации дублируемых данных, а также выявления противоречий. Семантический wiki может помочь в решении указанных проблем [3].

Семантический wiki — web-приложение, использующее машинообработываемые данные со строго определённой семантикой для того, чтобы расширить функциональность wiki-системы. Принято выделять следующие отличительные особенности семантических wiki-систем:

- семантические аннотации (например, для указания типа связей ссылок между статьями);
- контекстное представление данных (например, отображение схожих по тематике статей, контекстно-зависимые ссылки);
- поддержка стандартов Semantic Web, поддержка форматов RDF, OWL, языка запросов SPARQL;
- семантический поиск на основе запросов;
- поддержка логического вывода.

Реализации семантических wiki-систем можно разделить по способу хранения метаданных на два типа. Первый тип (Semantic MediaWiki и др.) подразумевает включение семантических аннотаций прямо в текст страницы с помощью расширенной wiki-разметки, в системах второго типа (OntoWiki и др.) структурированные данные хранятся отдельно и вносятся с помощью специального интерфейса ввода.

3. ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД И ФОРМАТ OWL

Для решения проблемы интеллектуальной обработки электронных документов создаются технологии Semantic Web. На данный момент основным средством структурирования информации являются онтологии.

Онтология — это попытка всеобъемлющей и детальной формализации некоторой предметной области с помощью концептуальной схемы, состоящей из иерархии понятий предметной области, связей между ними и правил (теорем, ограничений), принятых в этой предметной области [4].

Распространение онтологического подхода к представлению знаний привело к созданию и развитию разнообразных языков представления онтологий и инструментальных средств, предназначенных для их редактирования и анализа.

Существуют традиционные языки спецификации онтологий: Ontolingua, CycL, языки, основанные на дескриптивной логике (такие как LOOM), языки, основанные на фреймах (OKBC, OCML, Flogic). Более поздние языки основаны на Web-стандартах (XOL, SHOE, UPML). Специально для обмена онтологиями через Web были созданы RDF(S), DAML, OIL, OWL.

В целом различие между традиционными и Web-языками спецификации онтологий заключается в выразительных возможностях описания предметной области и некоторых возможностях механизма логического вывода для этих языков. Типичные примитивы языков дополнительно включают:

- конструкции для агрегирования, множественных иерархий концептов, правил вывода, аксиом;
- различные формы модуляризации для записи онтологий и взаимоотношений между ними;
- возможность метаописания онтологий, что полезно при установлении отношений между различными видами онтологий. Сегодня некоторые из таких языков приобрели большую популярность и широко применяются для описания информационных ресурсов и сервисов Интернет.

Ведущую роль в развитии и стандартизации языков описания онтологий принадлежит Консорциуму W3C (World Wide Web Consortium). Эта организация разработала технологический стандарт языка OWL (Web Ontology Language) –

язык описания онтологий для Semantic Web [5], который является одним из самых популярных средств формирования онтологий. OWL расширяет возможности XML, RDF, RDF Schema и DAML+OIL. Этот проект предусматривает создание мощного механизма семантического анализа. Онтологии OWL — это последовательности аксиом и фактов, а также ссылок на другие онтологии. Они содержат компоненты для записи авторства и другой подробной информации, а также представляют собой web- документ, на который можно ссылаться через URI.

4. АНАЛИЗ И АВТОМАТИЧЕСКОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ПОДБОРОК ИНТЕРНЕТ-СТАТЕЙ ДЛЯ ЭБ И БЗ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ WIKI

В глобальной сети Интернет с каждым днем скапливается всё больше информации, когда-либо созданной и вновь создаваемой людьми. Равнодоступность большей части информации в Интернет уравнивает возможности доступа к этой информации как обычных пользователей Интернет и обучающихся (студентов и аспирантов), так и сотрудников (преподавателей), задействованных в разработке современных КСО, ЭБ и БЗ [6].

Одновременно с этим возрастает объём «сырой» информации, доступной каждому отдельному пользователю Интернет, что актуализирует проблему её анализа, отбора и редактирования [6].

Для получения необходимой человеку и, в частности, обучающемуся информации в Интернет требуется достаточно большое время. Затраты по времени не всегда зависят от скорости работы компьютеров и скорости передачи данных. Человеку требуется дополнительное время для анализа информации на предмет её актуальности для него [7]. Поэтому для уменьшения затрат на поиск информации и решения проблемы формирования подборки Интернет-статей для КСО (ЭБ и БЗ) было разработано приложение, собирающее информацию в сети Интернет в виде wiki-статей, и автоматически формирующее подборку wiki-статей по определённой тематике, касающейся заданного пользователем понятия.

Так как каждая wiki-статья является структурированной информацией, её можно разделить на следующие блоки: краткое описание статьи, содержание статьи, текст статьи, ссылки на схожие статьи, список использованных источников.

Для работы приложения необходимо указать ссылку на статью с интересующим пользователя понятием, далее приложение автоматически сформирует подборку статей по указанной тематике.

На рис. 1 приведена общая схема алгоритма генерации подборки (сборника) статей по выбранной тематике.

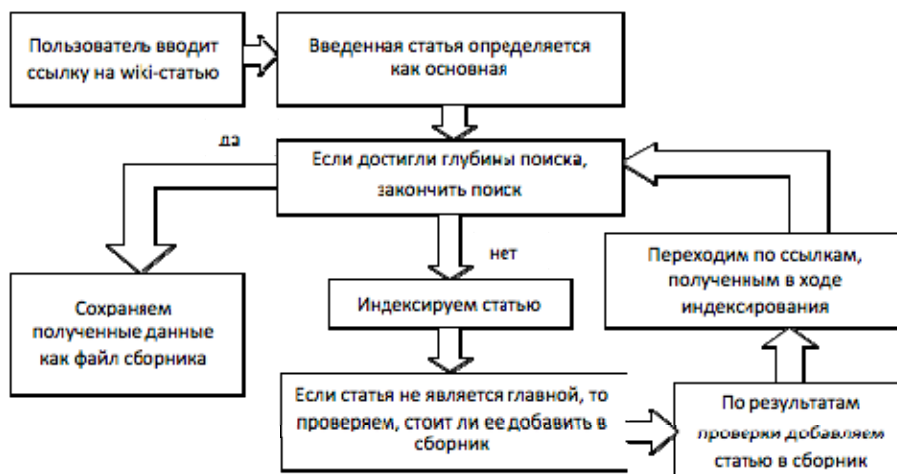


Рис. 1. Схема алгоритма выполнения генерации подборки статей

Новая статья сохраняется в стеке переходов и далее выполняется её анализ. Первая указанная пользователем статья считается основной (корневой) и сохраняется в памяти.

Приложение выбирает статью из имеющегося стека переходов, сохраняет информацию и анализирует её. После считывания краткого описания и самого текста статьи, приложение индексирует эту информацию и находит с учетом статистических характеристик основные ключевые слова. Содержание статьи тоже сохраняется как аналог ключевых слов. Когда приложение добавляет статью как близкую по тематике, в стек переходов добавляются ссылки на схожие статьи.

При анализе статьи происходит поиск аналогичной в памяти приложения. Поиск проводится по следующим характеристикам статьи:

- название статьи;
- ключевые слова;
- содержание;
- ссылки;
- список использованных источников.

В данной реализации для определения схожести как для двух слов, так и для двух статей используется коэффициент Жаккара:

$$K_i = \frac{c}{a + b - c},$$

где a — количество характеристик новой статьи; b — количество характеристик статьи, хранящейся в памяти приложения; c — количество общих характеристик для двух сравниваемых статей.

Сравнение двух статей включает следующие этапы:

- 1) проверка сходства названия, URL и содержания статей;
- 2) определение сходства статей по ключевым словам;
- 3) определение сходства статей по ссылкам на другие статьи;
- 4) определение сходства статей по категориям;
- 5) принятие решения о добавлении новой статьи в сборник с учётом вычисленной степени

сходства и заданных коэффициентов (80 % для неглавных статей, 60 % для главной статьи).

Если в результате сравнения новой статьи с имеющимися в подборке неглавными статьями принимается решение о её добавлении в подборку, тогда необходимо перед её добавлением выполнить сравнение с основной статьей. Если в результате сравнения новой статьи с основной статьей принимается решение о её добавлении в подборку, тогда новая статья добавляется в подборку, а найденные ссылки добавляются в стек переходов.

В результате приложение определяет необходимость сохранения новой статьи в памяти с учетом следующих ограничений:

- 1) если все характеристики статьи сильно отличаются от статей, имеющих в памяти, тогда статья определяется как «не принадлежащая данной тематике» и исключается из подборки;
- 2) если статья ссылается на несколько статей, имеющих в памяти, тогда она считается близкой по тематике и сохраняется в памяти;
- 3) если у статьи совпадают ссылки или список использованных источников и большинство ключевых слов с сохранённой в памяти — тогда статья считается близкой по тематике и сохраняется в памяти;
- 4) если название статьи и большинство ключевых слов или содержание совпадает с сохранённой в памяти, тогда статья считается обновлением имеющейся и сохраняется в памяти в случае более позднего изменения информации;
- 5) если все характеристики статьи совпадают с характеристиками статьи, имеющейся в памяти, тогда статья исключается из подборки.

В итоге работы приложения в памяти сохраняется подборка статей по одной тематике вокруг указанного пользователем понятия (рис. 2), данная подборка может быть сохранена на жёстком диске и может быть доступна для просмотра в любое время.

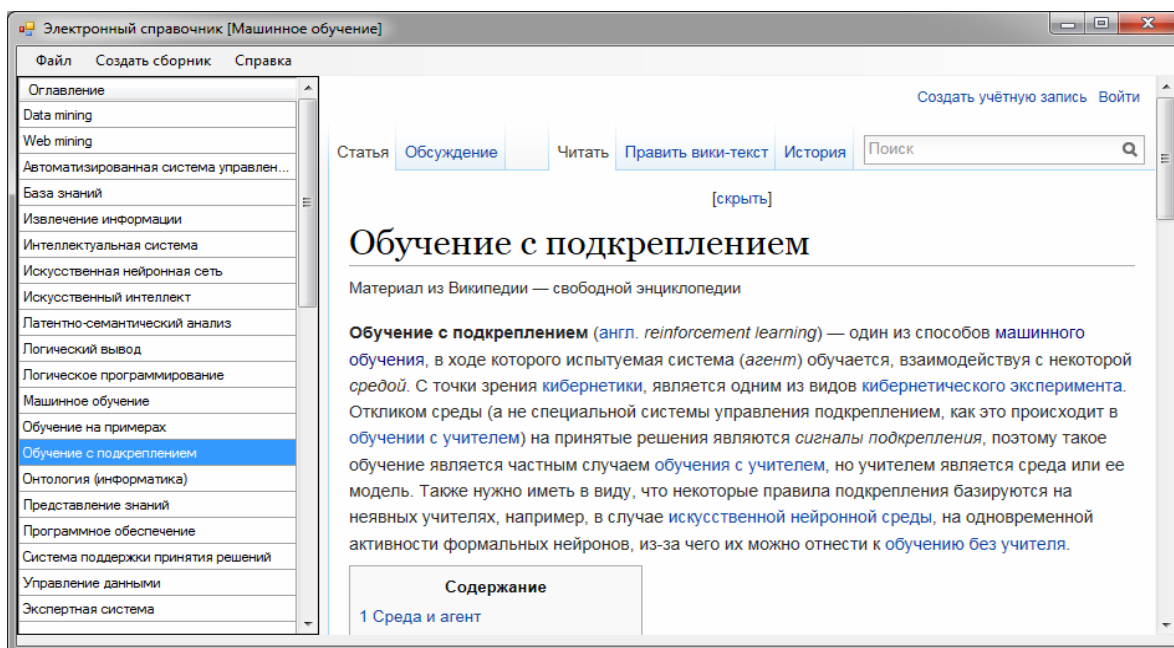


Рис. 2. Результат создания подборки статей вокруг понятия «Машинное обучение»

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодняшний день Интернет и Web-технологии являются неотъемлемой частью образовательного процесса и основным инструментом разработки КСО и систем дистанционного обучения. Указанные средства и технологии активно применяются при реализации современных ЭБ, корпоративных и частных БЗ. В работе основное внимание уделено описанию возможностей и особенностей Интернет технологии wiki для разработки КСО и реализованному программному приложению для анализа и автоматического формирования подборок Интернет-статей на основе технологии wiki, способном уменьшить затраты при разработке ЭБ и БЗ на сбор и анализ информации из сети Internet в виде wiki-статей по заданной пользователем тематике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Башмаков А.И., Башмаков И.А. Разработка компьютерных учебников и обучающих систем. М.: Ин-

формационно-издательский дом «Филинь», 2003. 616 с.

2. Бутырин П.А., Варшавский П.Р., Еремеев А.П., Алехин Р.В. Методы и программные средства построения компьютерных средств обучения по электротехнике на основе технологии wiki // Открытое образование. 2014. № 6 (107). С. 49—55.
3. Еремеев А.П., Бутырин П.А., Варшавский П.Р., Алехин Р.В. Реализация компьютерных средств обучения с использованием технологии wiki на примере базы знаний по электротехнике // Труды Международной научно-методической конференции «ИНФОРИНО—2014». М.: Изд-во МЭИ, 2014. С. 57—60.
4. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2000. 384 с.
5. OWL, язык веб-онтологий. Руководство. [Электронный ресурс]. URL: (<http://www.w3.org/TR/owl-guide/>)
6. Башмаков А.И., Башмаков И.А. Интеллектуальные информационные технологии: учеб. пособие. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 304 с.
7. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект. Современный подход. — 2 изд. М.: Издательство «Вильямс», 2007. 1410 с.

R.V. Alekhin, P.R. Varshavskiy, A.V. Kozhevnikov

r.alekhin@gmail.com; VarshavskyPR@mpei.ru; antoko@yandex.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

IMPLEMENTATION OF SOFTWARE APPLICATION THAT PROVIDE ANALYSIS AND GENERATION SELECTION OF ARTICLES FROM THE INTERNET ON THE BASIS OF WIKI TECHNOLOGY FOR DIGITAL LIBRARIES AND KNOWLEDGE BASES

SUMMARY

This work is devoted to issues related to the development of software capable of performing the analysis of the information from the Internet, and automatically generate selection of articles for computer-assisted learning tools and, in particular, digital libraries and knowledge bases for different subject areas and disciplines using a rapidly growing and popular wiki technology.

ПРОГРАММА АВТОМАТИЗАЦИИ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕСТИРОВАНИЯ МЕТОДОМ ВИЗУАЛИЗАЦИИ МНОГОМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ИНЖЕНЕРНЫХ ДИСЦИПЛИН

АННОТАЦИЯ

Программный комплекс тестирования уровня знаний и умений обучающихся содержит функциональный модуль, осуществляющий визуализацию объектов многомерного пространства с использованием нелинейных нормированных отображений, что позволяет автоматизировать анализ результатов тестирования. Функциями модуля являются ведение базы данных результатов тестов, расчёт значений критериев теста, отображение результатов расчёта – многомерных данных на экране компьютера в форме, удобной для визуального анализа и сравнения с результатами других тестов.

ВВЕДЕНИЕ

Существует класс отображений объектов многомерного пространства, называемых нелинейными нормированными отображениями. Определены и исследованы свойства нелинейных нормированных отображений, сформулированные в виде теорем [1].

Нелинейное нормированное отображение x_{NR} точки x n -мерного пространства на плоскость определяются в виде

$$\begin{cases} x_L = (x, e_1)e_1 + (x, e_2)e_2; \\ \left[\begin{aligned} x_{NR} &= \frac{\|x\|}{\|x_L\|} x_L, \text{ при } \|x_L\| \neq 0; \\ x_{NR} &= 0 \text{ при } \|x\| = 0, \end{aligned} \right. \quad (1)$$

где (x, e_1) — любой ортонормированный базис, задающий плоскость для нелинейного нормированного отображения, проходящую через начало координат; $\|x\|$ — любая норма для x .

Показана информативность данного класса отображений, исследованы методы преобразования многомерного пространства с визуализацией объектов пространства [1].

1. НЕЛИНЕЙНЫЕ НОРМИРОВАННЫЕ ОТОБРАЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ МНОГОМЕРНОГО ПРОСТРАНСТВА

Основное свойство нелинейных нормированных отображений — норма вектора x совпадает с нормой его нелинейного нормированного отображения, т.е. сохранение расстояния от начала координат многомерного пространства до любой точки пространства при переходе в двумерное пространство:

$$\|x_{NR}\| = \left\| \frac{\|x\|}{\|x_L\|} x_L \right\| = \frac{\|x\|}{\|x_L\|} \|x_L\| = \|x\|. \quad (2)$$

Нелинейные нормированные отображения позволяют реализовать динамическую систему визуального анализа объектов многомерного пространства [2]. С использованием методов нелинейных нормированных отображений разработана программа, осуществляющая визуализацию объектов n -мерного пространства при преобразованиях координат и изменении положения плоскости нелинейных нормированных отображений в n -мерном пространстве в интерактивном режиме. Данная программа является отдельным модулем программного комплекса тестирования уровня знаний, умений и компетенций обучающихся, позволяет проводить визуальный анализ результатов тестирования.

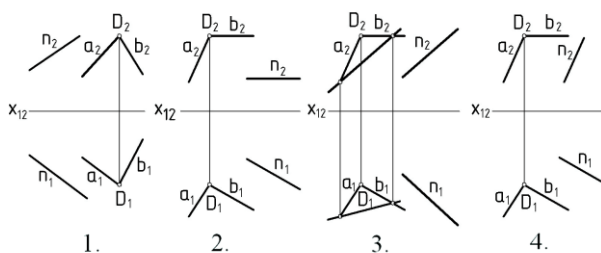
Программа автоматизации анализа результатов тестирования посредством их визуализации разработана автором данной статьи и внедрена на кафедре архитектуры, градостроительства и графики Юго-Западного государственного университета.

Данные, полученные при прохождении обучающимися теста, содержат множество параметров и могут быть представлены в виде точек в n -мерном евклидовом пространстве параметров. Каждая точка в этом пространстве определяется значениями n -переменных или координат. Визуальное динамическое представление для исследования таких объектов наиболее предпочтительно, так как является наглядным способом описания структуры многомерных данных и преобразований, осуществляемых в n -мерном пространстве.

Получаемое при визуализации графическое отображение объектов n -мерного линейного пространства на плоскость сохраняет интересующие наблюдателя специфические особенности исследуемой совокупности многомерных объектов, в том числе при преобразованиях координат в многомерном пространстве. Это требование полностью обеспечивает применение нелинейных нормированных отображений (1).

Кроме того, предложены методы, позволяющие с использованием нелинейных нормированных отображений визуально осуществить детерминистскую классификацию объектов, принадлежащих нескольким классам, в многомерном пространстве [3].

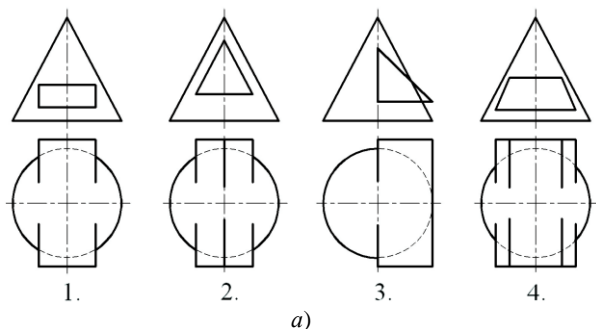
1. Прямая n , параллельная плоскости $\alpha(a \cap b)$, показана на рисунке _____.



2. Для определения угла наклона прямой общего положения к фронтальной плоскости проекций ее надо повернуть вокруг _____.

1. фронтально-проецирующей прямой
2. профильно-проецирующей прямой
3. горизонтально-проецирующей прямой

3. В состав линии пересечения двух поверхностей на рисунке _____ входят ветви параболы.



1. Уравнение плоскости, проходящей через точки $A(1, 1, 1)$, $B(-1, -2, 3)$, параллельно прямой $\frac{x-1}{2} = \frac{y}{0} = \frac{z+1}{1}$ имеет вид:

1. $-x + 2y + 2z - 3 = 0$; 2. $-x - 2y + 2z + 3 = 0$;
3. $x - 2y - 2z + 5 = 0$; 4. $x + 2y - 3z + 2 = 0$;
5. $x + 2y - 3z + 2 = 0$.

2. $\lim \left(\frac{x+1}{2x-1} \right)^{\frac{3}{x-2}}$ равен

1. e^{-1} ; 2. $e^{-1/3}$; 3. e^3 ; 4. 1; 5. ∞ .

1. Установите соответствие между реагирующими веществами и продуктами реакции.

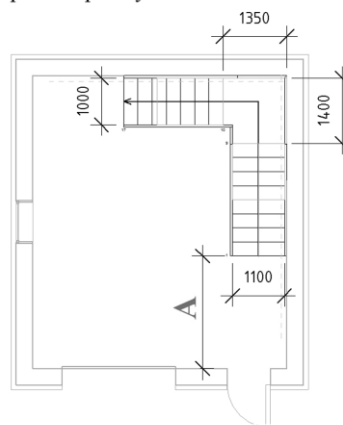
Реагирующие вещества	Продукты реакции
А) $\text{Cu}_2\text{O} + \text{HNO}_3(\text{конц})$	1) $\text{CuNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
Б) $\text{CuO} + \text{HNO}_3(\text{конц})$	2) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
В) $\text{Cu} + \text{HNO}_3(\text{конц})$	3) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
Г) $\text{CuS} + \text{HNO}_3(\text{конц})$	4) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$
	5) $\text{CuSO}_4 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
	6) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{S}$

2. Железо, содержащееся в 20 мл анализируемого раствора FeSO_4 , окислено до железа (III) и осаждено в виде гидроксида. Масса прокаленного осадка составила 0,8264 г. Вычислите молярную концентрацию FeSO_4 в исходном растворе.

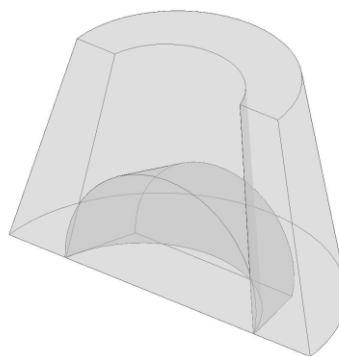
б)

1. Создайте лестницу по размерам, указанным на рисунке. Определите размер, отмеченный А.

Количество ступеней указано на рисунке. Текущая ширина проступи: 300 мм.



2. На основе формообразующего элемента создайте этажи здания. Определите площадь этажа, расположенного на уровне 3. Определите общую площадь всех этажей здания.



г)

Рис. 1. Примеры тестовых заданий для проведения промежуточной аттестации по дисциплинам: а — инженерная графика; б — математика; в — общая и неорганическая химия; г — виртуальное моделирование и компьютерная графика

2. ТЕСТИРОВАНИЕ УРОВНЯ ЗНАНИЙ И УМЕНИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Разработка объективных процедур оценки уровня знаний и умений обучающихся, компетенций выпускников является актуальной задачей для профессорско-преподавательского состава высших учебных заведений России в целях обес-

печения гарантии качества подготовки в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования. Оценка качества освоения основных образовательных программ должна включать текущий контроль успеваемости, промежуточную аттестацию обучающихся по каждой изучаемой дисциплине [4]. Для того чтобы

оценить знания, умения и уровень приобретённых компетенций обучающихся при проведении промежуточной аттестации по отдельной дисциплине в настоящее время используются тесты и методы контроля, позволяющие получить объективный результат. По каждой дисциплине разработаны задания, содержащие большое количество вопросов различного уровня сложности (рис. 1). Используются следующие типы заданий: практические задания, многовариантный выбор, открытые вопросы.

Контроль возможности и готовности выполнять определённую деятельность, т.е. формирования компетенций, заключается в выполнении конкретного практического задания, определении свойств полученных объектов и внесении этих данных в соответствующие поля тестового задания (рис. 1, в, з).

3. ПРОГРАММА ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ ПРОСТРАНСТВА ПРОИЗВОЛЬНОЙ МЕРНОСТИ С ПОМОЩЬЮ НЕЛИНЕЙНЫХ НОРМИРОВАННЫХ ОТОБРАЖЕНИЙ

Программа динамической визуализации объектов многомерных пространства предназначена для автоматизации анализа преподавателем результатов тестирования. Для этого в программе ведётся база данных по результатам тестов, осуществляется расчёт значений критериев теста, а также отображение результатов расчёта (многомерных объектов) на экране компьютера в форме, удобной для визуального анализа и сопоставления с результатами других тестов.

Данные для визуализации хранятся в файле (рис. 2). После открытия файла на экране появляется проекция пространства, заданного в файле, независимо от его мерности, изображаются оси этого пространства (рис. 3).

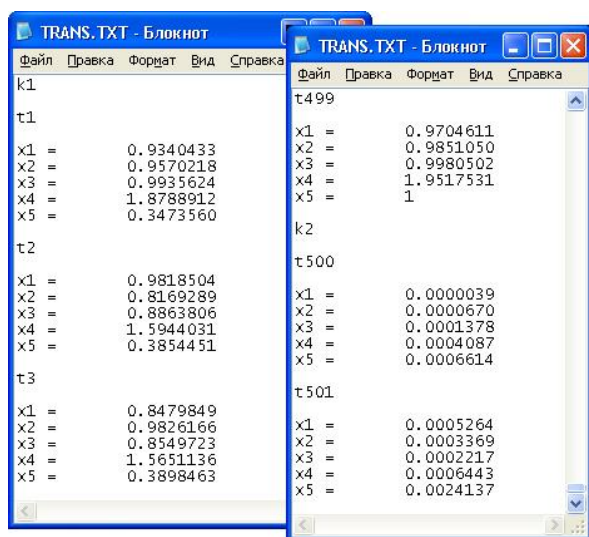


Рис. 2. Данные для визуализации в текстовом виде

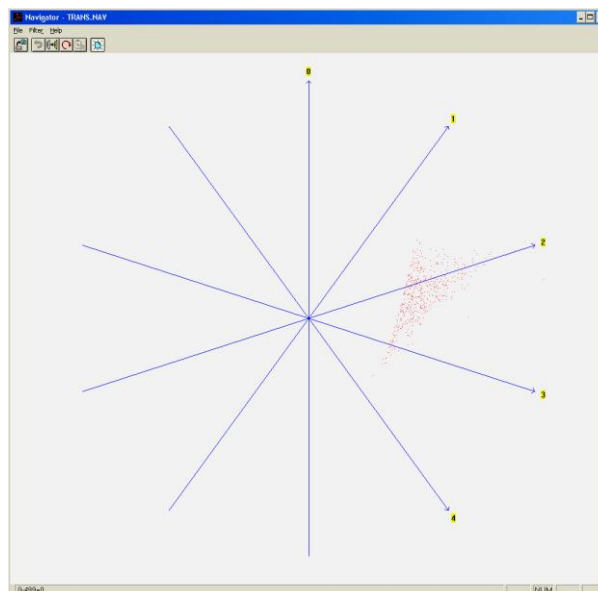


Рис. 3. Нелинейное нормированное отображение

Программа обеспечивает ввод результатов теста: имени, фамилии тестируемого и ответов на все вопросы, расчёт значений критериев по заданным шкалам, отображение результатов расчёта на экране с помощью метода нелинейных нормированных отображений объектов n -мерного пространства, отображение результатов тестирования нескольких человек одновременно — рассчитывается расстояние между двумя точками в n -мерном пространстве (2). Выполняется сохранение в файле, просмотр и редактирование результатов тестирования (ответов тестируемого), загрузка результатов теста из файла, поддерживается составление и просмотр рекомендаций к результатам теста каждого тестируемого.

Программа осуществляет перемещения в многомерном пространстве: центра координат в исследуемую точку множества для возможности визуальной классификации, по осям координат с заданием величины перемещения (рис. 4); поворот по всем координатным плоскостям многомерного пространства — определяются плоскость и направление поворота выбором номеров осей и значения угла поворота (рис. 5). Масштабирование по осям позволяет изменить направление оси координат на противоположное. В программе имеется возможность сохранить и наложить фильтр — полученные проекции многомерного пространства той же размерности, что и отображаемое в данный момент пространство.

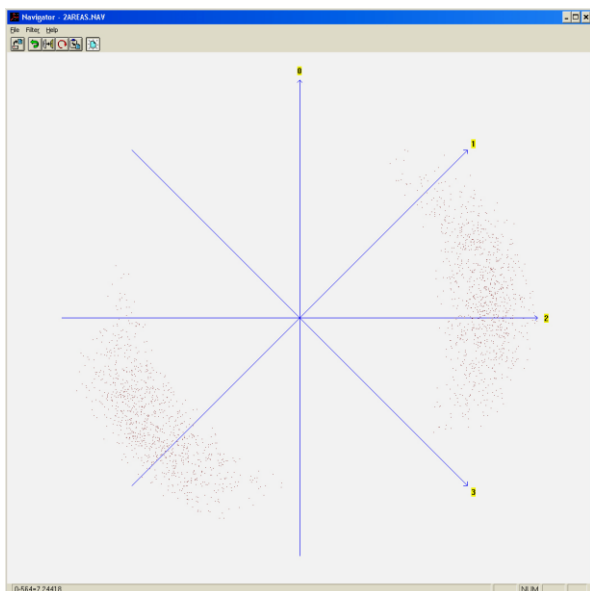


Рис. 4. Визуальное разделение множества точек на два класса при переносе начала координат в точку

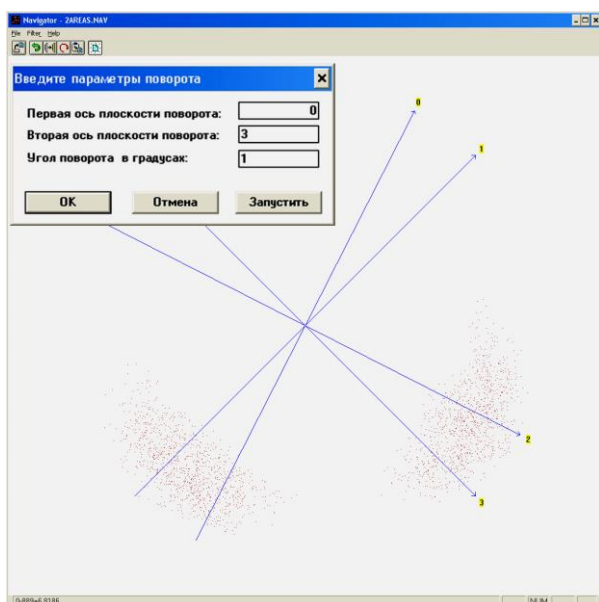


Рис. 5. Поворот в заданной координатной плоскости

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана программа автоматизации анализа результатов тестирования уровня знаний и умений обучающихся с использованием нелинейных нормированных отображений объектов n -мерного пространства — модуль единой среды тестирования. Программный комплекс тестирования применяется для проведения текущей аттестации и самостоятельной оценки обучающимися уровня освоения дисциплины при подготовке к промежуточной аттестации [5].

При расчёте и определении значимых критериев возможно улучшить ситуацию с успешным прохождением обучающимися тестов по дисциплине.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альшакова Е.Л. Процессоры визуализации объектов n -мерного пространства: Автореф. дис... канд. техн. наук. Курск: Издательство Курск.гос.техн.ун-та, 1997. 20 с.
2. Альшакова Е.Л. Метод и устройство визуализации состояний технологического процесса при оптимальном управлении // Научные труды Международной научно-практической конференции «Фундаментальные проблемы и современные технологии в машиностроении». М.: Машиностроение, 2010. С. 491—495.
3. Альшакова Е.Л., Белов В.Г., Довгаль В.М., Захаров И.С. Визуальная детерминистская классификация состояний объекта управления в n -мерном пространстве состояний // Автоматика и телемеханика. 2001. № 6. С. 111—117.
4. Юрин В.Н. Компьютерный инжиниринг в инженерном образовании: этапы развития // Новые материалы и технологии — НМТ-2012: материалы Всерос. науч.-техн. конференции. М.: МАТИ, 2012. С. 378—380.
5. Альшакова Е.Л. Содержание дисциплины «Начертательная геометрия и инженерная графика» специальности «Строительство уникальных зданий и сооружений» // Геометрия и графика. 2013. Т. 1. № 2. С. 24—26.

E.L. Alshakova

alshakova_el@mail.ru

Southwest State University, Kursk

THE PROGRAM OF AUTOMATION OF THE ANALYSIS OF RESULTS OF TESTING BY METHOD OF VISUALIZATION OF MULTIDIMENSIONAL OBJECTS IN EDUCATIONAL PROCESS

SUMMARY

Software complex of testing of level of the knowledge and skills of students contains a functional module that performs the visualization of objects of multidimensional space with use of nonlinear normalized mappings that allows to automate the analysis of test results. Functions of the module are maintaining a database of results of tests, calculation of values of criteria of the test, display of results of calculation — multidimensional data on the computer screen in the form convenient for the visual analysis and comparison with results of other tests.

СОВРЕМЕННЫЙ ДИЗАЙН: ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ТОВАРОВ

АННОТАЦИЯ

В связи с изменением в технологиях, индустрии и обществе и их влиянием на промышленный дизайн и производство в процесс обучения студентов внедряются инновационные технологии проектирования. Актуальные задачи применения программных продуктов проектирования — простое построение сложных 3D моделей, параметрических компонентов, расчёт и анализ изделий. Для решения этих задач изменяются содержание и методика преподавания графических дисциплин, внедряются работы по созданию сложных 3D моделей деталей и сборок в 3ds Max, Inventor и Fusion 360.

ВВЕДЕНИЕ

Направлением, к которому относится данное исследование, является определение роли и возможностей современных программных продуктов, поддерживающих 3D технологии проектирования, в создании новых товаров, инновационной продукции, воплощении эстетических идей и творческих замыслов производителей товаров. В соответствии с новыми требованиями современной индустрии, а также возможностями инструментария инженерной деятельности рассматривается внедрение новых методик преподавания в учебный процесс графических дисциплин.

В учебном процессе необходимо сформировать у студентов навыки практической работы, компетенции, относящиеся к их профессиональной деятельности, а в плане графических дисциплин дать возможность эффективно использовать программные продукты и реализуемые ими технологии для создания новых товаров, реализации собственных бизнес-проектов.

1. ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ В ИНДУСТРИИ НА ДИЗАЙН И ПРОИЗВОДСТВО ТОВАРОВ

В настоящее время изменились технологии, экономические модели и общество в целом. Эти изменения влияют на промышленный дизайн и производство (для которого вузы и готовят специалистов) в рамках направлений: получило развитие интеллектуальное производство, произошли фундаментальные изменения в области спроса и потребления, произошли изменения непосредственно в продуктах, которые становятся все более «умными».

В условиях насыщения рынка аналогичными по назначению и функциям товарами при производстве нового товара на этапе проектирования

товара необходимо заложить качества, отличающие данный товар от присутствующего на рынке, обеспечить возможность удовлетворения появляющихся потребностей и ценностей потребителей. Это необходимо для того, чтобы сформировать у покупателя решение поменять имеющийся у него товар на новый товар, схожий по назначению. Кроме того, важно обеспечить максимально короткий срок выхода товара на рынок, обогнать возможных конкурентов.

2. АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Актуальные задачи, которые решаются при обучении студентов — простое построение сложных 3D моделей деталей и сборок, создание доступных и удобных в использовании параметрических компонентов (деталей и сборочных единиц), моделирование и оптимизация конструкций, расчёт и инженерный анализ изделий.

С применением программных продуктов проектирования в учебном процессе дисциплины «Инженерная и компьютерная графика» при выполнении традиционных графических работ в соответствии с содержанием дисциплины «Инженерная графика» высвобождается время аудиторных работ и самостоятельной работы студентов. Это время можно использовать для обучения созданию сложных 3D моделей деталей и сборок и представления их как в соответствии с требованиями ГОСТ ЕСКД, так и современными тенденциями бизнес-проектов (наличие разнесённых сборок, анимации, фотореалистичных изображений). В этом случае важно использовать для проведения аудиторных занятий и выполнения самостоятельной работы студентов простой в использовании инструментарий, позволяющий создавать сложные геометрические объекты, выполнять качественную визуализацию с достаточной скоростью, инженерные расчёты. Кроме того, появилась возможность показать студентам первого курса, помимо CAD, CAE/CAM системы.

Для построения сложных 3D моделей деталей и сборок в учебном процессе на кафедре архитектуры, градостроительства и графики используются программные продукты Autodesk: 3ds Max, Inventor и Fusion 360. Полнофункциональные версии продуктов Autodesk для учебных целей предоставляются компанией с бесплатной лицензией для студентов и преподавателей сроком на три года.

3. ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ИНЖЕНЕРНЫХ ДИСЦИПЛИН

В связи с изменением требований к профессиональной деятельности выпускников вузов [1] возникает необходимость изменения методики преподавания дисциплины, так как дизайн формирует внешний облик изделий и правильное функционирование всех его составных частей. Кроме того, под дизайном понимают проектирование и расчёт изделия и его компонентов.

На аудиторных занятиях, проводимых в форме мастер-классов, показываются эффективные приёмы по созданию 3D моделей (так работают профессионалы), для организации самостоятельной работы студентов подготовлены и используются видеоуроки, методические пособия с доступом к электронному ресурсу в сети Интернет.

Студенты направления подготовки «Архитектура» выполняют моделирование в программном продукте 3D моделирования и анимации Autodesk 3ds Max (рис. 1). Он применяется для создания интерьеров, архитектурных объектов и презентаций, имеет большие возможности по созданию качественных фотореалистичных изображений.

Для создания 3D моделей с возможностью генерации рабочих чертежей, схем, визуализации и симуляции поведения изделия, выполнения различных расчётов используется программный продукт Autodesk Inventor, поддерживающий технологию цифровых прототипов. Autodesk Inventor (рис. 2) используется в учебном процессе дисциплины «Инженерная и компьютерная графика» различных направлений подготовки и специальностей [2, 3].

Для построения деталей сложной формы в Autodesk Inventor, кроме инструментов выдавливания и вращения, предусмотрены инструменты лофтинга для создания геометрических объектов, имеющих различные сечения, расположенные вдоль пути; сдвига — указывается контур и направление или траектория и направление [4].

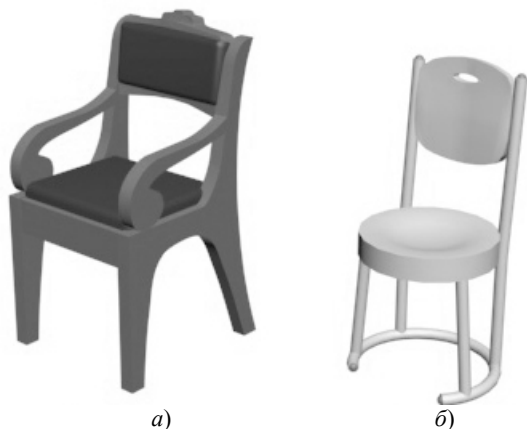


Рис. 1. Моделирование в 3ds Max: *а* — модель классического кресла; *б* — модель стула в современном стиле (дизайн предложен авторами)



Рис. 2. 3D-модель изделия «Лубрикатор»: *а* — визуализация 3D модели сборки; *б* — детали, созданные в ходе проектирования

Для повышения эффективности работы по проектированию сложных объектов используется инструменты редактирования: замена грани позволяет заменить плоскую грань поверхностью любой формы; наклонная грань даёт возможность задать наклон созданной грани; инструмент сопряжения позволяет выполнить полное круговое сопряжение граней, сопряжение рёбер с постоянным и переменным радиусом, сопряжение граней, например заполнение просвета между гранями.

С целью сокращения рутинных операций по созданию одинаковых элементов детали используются инструменты массивов.

Для генерации твёрдого тела, содержащего несколько сложных поверхностей, можно создать эти поверхности и применить инструмент «Скульптор».

В Autodesk Inventor имеется набор инструментов создания пластмассовых изделий для создания общей геометрии для деталей такого типа: создание выступа на детали из пластика для соединения двух деталей; инструмент «бобышка» для создания геометрии, позволяющей осуществить соединение пластмассовых деталей. Диалоговые окна этих инструментов управляют большим количеством параметров создаваемой геометрии, формируют прямой и обратный (соединение) наборы геометрии.

В учебном процессе создаётся твёрдотельная модель детали «Флакон» в Autodesk Inventor по размерам, приведённым на чертеже (рис. 3). Недостающие размеры измеряются на проекциях детали и определяются с помощью линейного графика масштабов. Данная деталь используется в сборке «Пульверизатор». Аналогичное задание было предложено на Всероссийской студенческой олимпиаде по компьютерной графике, проводимой в Москве в 2012 году. Работа выполняется фронтально, для выполнения индивидуальных заданий предусмотрены аналогичные детали и сборочные единицы.

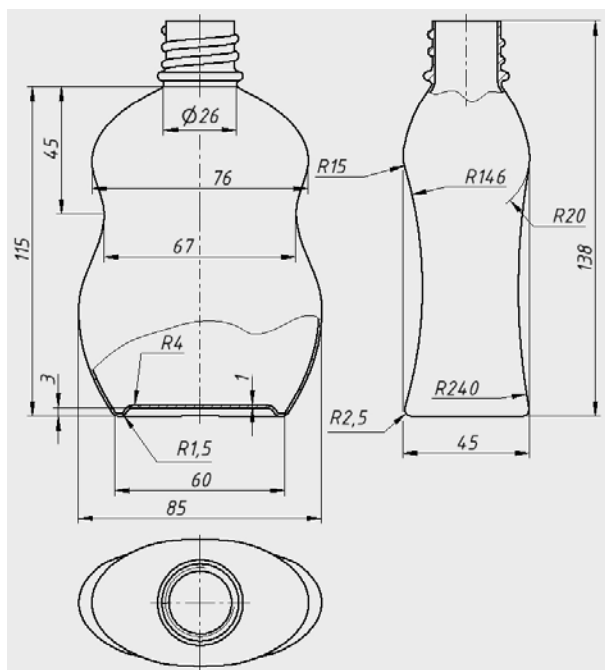


Рис. 3. Чертёж детали «Флакон»

На занятии и в методических указаниях рассматриваются последовательность и эффективные приёмы создания модели детали «Флакон» (рис. 4).

В учебный процесс внедрена новая работа, которая заключается в проектировании параметрического компонента, включаемого в библиотеку и используемого в сборках. Выполняется работа в Inventor (рис. 5). Содержание работы: по чертежу и таблице исполнений детали создать параметрическую модель детали, выполнить чертеж детали, нанести размеры и технические требования, заполнить основную надпись. В проекте на основе таблицы исполнений детали создаётся и заполняется таблица Excel, в которой хранятся значения параметров модели. Разрабатывается программа в редакторе правил iLogic, которая задаёт значения параметрам модели. Для изменения конструкции детали дополнительно создаётся правило, управляющее поведением элементов модели в зависимости от заданных параметров. Создаётся интерфейс пользователя: форма для ввода размеров детали «Корпус воротка».

В учебный процесс дисциплины «Инженерная и компьютерная графика» внедряется Fusion 360 — комплексный облачный CAD/CAE/CAM инструмент для промышленного дизайна и машиностроительного производства. Fusion 360 содержит минимальный необходимый набор функций, простых в использовании и эффективных в проектировании.

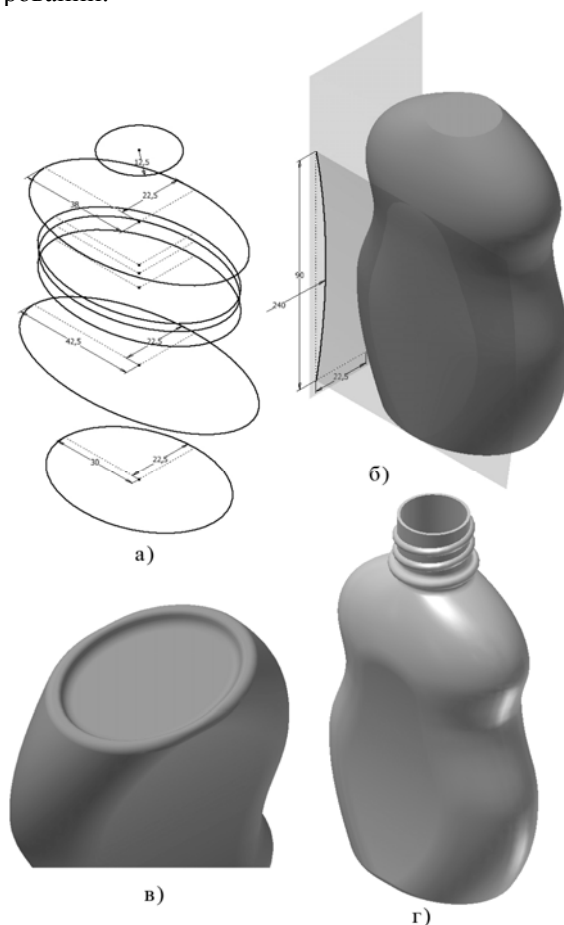


Рис. 4. Моделирование детали «Флакон»

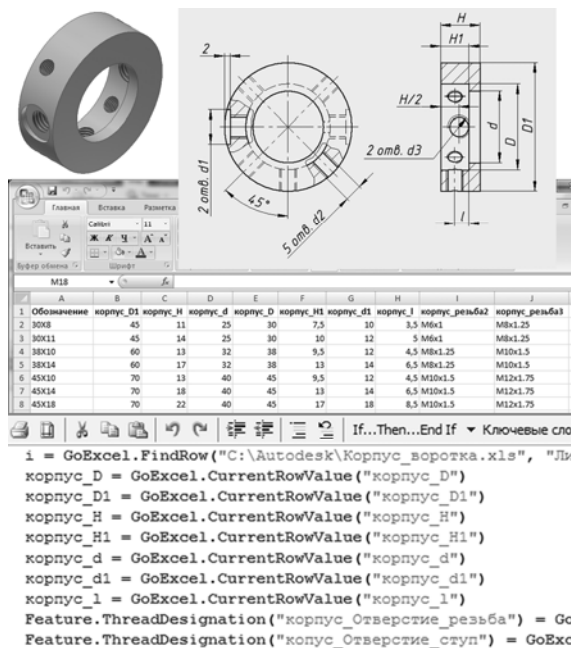


Рис. 5. Параметрический компонент «Корпус воротка»

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время при проектировании товара и для создания его рекламы используются программные продукты, например Autodesk Inventor, Autodesk 3ds Max, Autodesk Fusion 360.

Выпускники вузов должны влиться в процесс индустрии, а также иметь возможность реализовать собственные бизнес-проекты, стартапы, в этом им будут полезны инновационные инструменты проектирования, имеющие широкие возможности создания прототипов изделий, выполнения прочностных расчётов, создания презентаций, рабочей документации проекта, анимации работы изделия, затраты и время на выпуск новой продукции снижаются.

С целью подготовки выпускников, владеющих навыками проектирования с применением 3D технологий, что отвечает требованиям образовательных стандартов высшего профессионального образова-

ния в плане формирования профессиональных компетенций [5], учебный процесс дисциплины «Инженерная и компьютерная графика» необходимо вести с использованием программных продуктов 3D проектирования и выполнением соответствующих заданий. В общем объёме часов нагрузки дисциплины следует сократить количество часов аудиторной и самостоятельной работы студентов на выполнение графических работ «от руки» на листе бумаги, так как эти графические работы очень трудоёмки, занимают много времени и неэффективны для реализации творческих идей и проектов.

Освоив рассмотренный в данной статье подход к проектированию, выпускники имеют возможность быть востребованными на рынке труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юрин В.Н. Компьютерный инжиниринг в инженерном образовании: этапы развития // Новые материалы и технологии – НМТ-2012: материалы Всерос. науч.-техн. конференции. М.: МАТИ, 2012. С. 378—380.
2. Альшакова Е.Л. Инженерное образование на базе современных технологий проектирования // Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования — Инфорно—2014». М.: Издательство МЭИ, 2014. С. 15—18.
3. Альшакова Е.Л. Современные технологии проектирования в учебном процессе общинженерных дисциплин // Высшая школа и студенчество сегодня: материалы Всероссийской научно-технической конференции. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2012. С. 57—62.
4. Тремблей Т. Autodesk Inventor 2013 и Inventor LT 2013. Основы. Официальный учебный курс: пер. с англ. М.: ДМК Пресс, 2013. 344 с.
5. **Федеральный** государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 260100 «Продукты питания из растительного сырья» (квалификация (степень) «Бакалавр» (Утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 21 декабря 2009 г. № 754).

E.L. Alshakova, E.A. Alshakova

alshakova_el@mail.ru; katya.alshakova@mail.ru
Southwest State University, Kursk

MODERN DESIGN: TECHNOLOGIES OF ENGINEERING AS MEANS OF IMPROVING COMPETITIVENESS OF CONSUMER GOODS

SUMMARY

In connection with the changes in technologies, industry and society and their impact on industrial design and manufacturing, innovative design techniques are implemented in the process of training of students. Actual problems of application of software products of design— simple construction complex 3D models, parametrical components, calculation and the analysis of products. The content and method of training of graphic disciplines change for the solution of these problems, works are introduced on creation of complex 3D models of parts and assemblies in 3ds Max, Inventor and Fusion 360 software.

Д.П. Андрианов

andrianov@vlsu.ru

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича
и Николая Григорьевича Столетовых, г. Владимир

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ПАКЕТОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИН НАПРАВЛЕНИЯ «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА»

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён рассмотрению особенностей применения математических пакетов MatLab и MathCAD при изучении дисциплин «Вероятностные и статистические задачи в системах электроснабжения» и «Оптимизация систем электроснабжения». Проводится сопоставление решений типовых задач дисциплин направления «Электроэнергетика и электротехника».

ВВЕДЕНИЕ

Применение компьютерных технологий создает предпосылки для самостоятельной работы студентов, внедрения дистанционного образования, более качественного изучения дисциплин, сокращения трудозатрат при освоении знаний.

Целесообразность использования того или иного пакета программ определяется трудоёмкостью их освоения обучаемыми и связана с такими понятиями, как:

- интуитивно понятный интерфейс;
- сложность входного языка, его соответствие общепринятым правилам и соглашениям;
- компактность заданий и результатов;
- потребляемые ресурсы вычислительных средств;
- наполненность пакета процедурами, реализующими вычислительные методы.

1. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

MatLab и MathCAD [1, 2] в настоящее время являются самыми популярными компьютерными математическими пакетами.

Оба пакета используют специфические алгоритмические языки, позволяющие создавать вычислительные процедуры. Однако данный подход требует от студента навыков разработки и отладки программ, что в условиях ограниченного времени, выделяемого на изучение дисциплины, весьма проблематично.

Альтернативой решения вышеупомянутой проблемы является наличие большого числа встроенных процедур, реализующих отдельные математические функции. При таком подходе вопрос упирается в обеспечение дисциплин достаточным количеством примеров расчётов, связанных к предметной области.

Применительно к таким профилирующим дисциплинам направления «Электроэнергетика и электротехника», как «Вероятностные и статисти-

ческие задачи в системах электроснабжения» и «Оптимизация систем электроснабжения», базирующихся на разделах высшей математики «Теория вероятностей и математическая статистика» и «Методы оптимизации», использование математических пакетов является необходимым условием для успешного усвоения.

2. ДИСЦИПЛИНА «ВЕРоятНОСТНЫЕ И СТАТИСТИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ»

Основное внимание уделяется методикам обработки статистических данных, расчёту вероятностно-статистических моделей электрических нагрузок, проверке статистических гипотез и определению статистических критериев.

Можно констатировать, что для обоих пакетов продублированы все базовые математические функции, различие наблюдается только в форме обращения к этим функциям. При решении типовых задач некоторое преимущество получает пакет MathCAD за счёт лаконичности и упорядоченности информации.

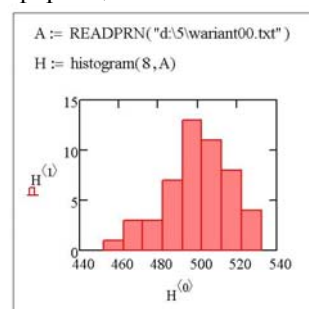


Рис. 1. Листинг решения задачи построения гистограммы по результатам выборки (пакет MathCad)

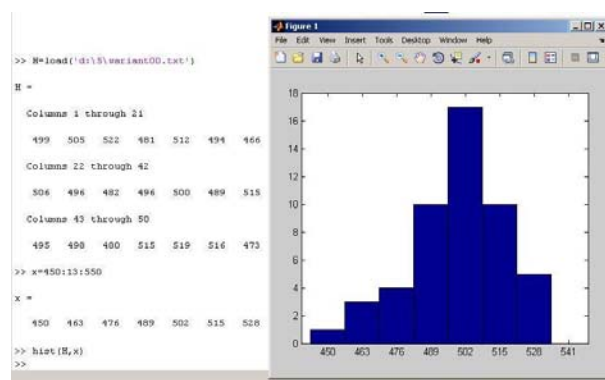


Рис. 2. Скриншот решения задачи построения гистограммы по результатам выборки (пакет MatLab)

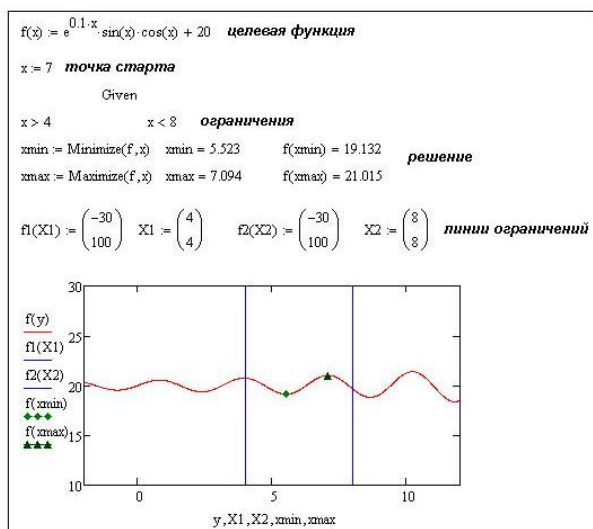


Рис. 3. Листинг решения задачи поиска экстремумов нелинейной функции в заданном диапазоне (пакет MathCAD)

Для сравнения на рис. 1 и рис. 2 приведены гистограммы выборки случайных величин, реализованные в пакетах MathCad и MatLab.

3. ДИСЦИПЛИНА «ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ»

При изучении данной дисциплины основное внимание уделяется технологии нахождения экстремумов функции, решению транспортной задачи методами линейного программирования, решению задачи минимизации потерь мощности за счет установки компенсирующих устройств.

Для решения совокупности указанных задач в MathCAD достаточным является использование специальных процедур (функций) Minimize и

Maximize, основанных на численных методах. Пример использования функций поиска экстремума для пакета MathCAD приведён в листинге на рис. 3. Для пакета MatLab получение аналогичного решения более трудоёмко, оно связано с архитектурой построения вычислений и требует создания М-файлов для записи целевой функции и ограничений. В управляющей программе возможно использование восьми специальных функций (fmincom и т.д.) со сложным списком передаваемых параметров. Исходный текст программы получается громоздкий, а при существующей диагностике возможных ошибок получение приемлемого ответа требует неоправданных затрат времени.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках изучения рассматриваемых дисциплин не требуется анализ сложных структурных схем, запрос больших вычислительных ресурсов. Учитывая ограниченность времени календарных планов и меньшую трудоёмкость при освоении предпочтение получает использование пакета MathCAD.

Применение математических пакетов в профилирующих дисциплинах позволяет переместить акцент изучения с рассмотрения особенностей вычислительных методов на анализ и обобщение результатов расчётов, что способствует более качественному усвоению знаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дьяконов В.П. MatLab 6: учебный курс. СПб.: Питер, 2001.
2. Дьяконов В.П. MathCAD 2001: учебный курс. СПб.: Питер, 2001.

D.P. Andrianov

andrianov@vlsu.ru

Vladimir State University Named After Aleksander and Nikolas Stoletovs, Vladimir

THE USE OF MATHEMATICAL PACKAGES WHEN STUDYING DISCIPLINES OF A DIRECTION «POWER INDUSTRY AND ELECTRICAL ENGINEERING»

SUMMARY

The report is devoted to the use of mathematical packages MatLab and MathCAD in the study of disciplines «Probabilistic and statistical challenges in power systems» and «Optimization of power systems». A comparison of the solutions of typical tasks of the disciplines of a direction «power industry and electrical engineering».

БАЗОВАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ПОДГОТОВКА В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ СЕГОДНЯ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён современному подходу к базовой компьютерной подготовке в инженерном образовании, основанному на методологии структурного программирования. Рассматриваются дополнительные особенности реализации этой методологии, позволяющие будущему инженеру алгоритмическим способом решать задачи любой сложности с применением ЭВМ. Приводятся примеры успешной реализации такого подхода в базовой компьютерной подготовке студентов Национального исследовательского университета «МЭИ».

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время руководством нашей страны проявлено повышенное внимание к подготовке инженерно-технических работников. К техническим университетам и вузам России предъявляются требования качественной подготовки таких специалистов, способных в современных условиях эффективно решать поставленные перед ними задачи в различных прикладных областях техники и технологий. В этой связи, на наш взгляд, целесообразно обратиться к такой важной составляющей фундаментальной подготовки инженеров, как базовая компьютерная подготовка. На опыте Национального исследовательского университета «МЭИ» (далее — просто МЭИ) можно проанализировать (автор доклада является активным участником этой программы с начала 70-х годов прошлого столетия), как она началась в советский период, как совершенствовалась и с какими проблемами столкнулась в последние годы «безвременья для высшей технической школы России», как она осуществляется сейчас. И всё это с целью ответа на вопрос, какой же **должна быть** сегодня БКП в инженерном образовании.

1. БАЗОВАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ПОДГОТОВКА В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ: НАЧАЛО СТАНОВЛЕНИЯ

Общеизвестно, что одним из первых приложений ЭВМ уже в середине 50-х годов прошлого века стало их применение для решения научно-технических и, прежде всего, расчётных задач. Это, в первую очередь, было связано с теми отраслями, в которых принимаемые проектные решения быстро морально устаревали, а применение ЭВМ позволяло уже тогда резко сокращать сроки разработки новых изделий и повышать их качество благодаря и оптимизации принимаемых

решений. Не случайно поэтому, что уже с начала 70-х годов прошлого века, когда в вузах Советского Союза начали появляться первые отечественные ЭВМ, на основе которых можно было создать и некоторое подобие коллективной учебной лабораторной базы, МЭИ, как и другие ведущие университеты и втузы страны, приступил к базовой компьютерной подготовке своих студентов.

В учебных планах всех специальностей МЭИ появилась новая дисциплина базовой компьютерной подготовки с первоначальным наименованием «Основы вычислительной техники», которое впоследствии неоднократно изменялось вплоть до утвердившегося сегодня – «Информатика». Поскольку решение задач с применением ЭВМ предполагало использование совершенно нового, **алгоритмического** способа решения задач, это требовало изучения основ программирования и приобретения соответствующих практических навыков. Именно поэтому в программе дисциплины базовой компьютерной подготовки присутствовали два основных раздела: основы алгоритмизации и освоение одного из языков программирования, на котором разработанный алгоритм кодировался, приобретая форму программы для ЭВМ. В качестве учебных языков программирования в последующее десятилетие использовались языки АЛГОЛ, АЛГАМС и ФОРТРАН. Первоначально базовую подготовку в МЭИ осуществляла кафедра вычислительной техники, а с 1976 г. — выделенная из её состава кафедра прикладной математики (сегодня только на двух лекционных потоках такую подготовку, по субъективным причинам проводят другие кафедры МЭИ).

Безусловно, на качестве базовой компьютерной подготовки сказывалось отсутствие полноценной лабораторной базы: ведь вплоть до 1985 г. на Вычислительный центр МЭИ, где были установлены ЭВМ БЭСМ-4 и Минск-22, студентов приводили только на экскурсию на одном из лабораторных занятий по «Информатике». Кроме этого, студенты могли реализовать на ЭВМ ВЦ МЭИ только одну из разработанных ими программ через оператора ЭВМ. Только в 1985 г. в МЭИ появились дисплейные классы, после чего открылась возможность проводить в них часть лабораторных занятий по «Информатике» (сначала лишь 1-2 занятия в семестр, а с 1990 г. – до 5 занятий). Полноценная лабораторная база для

дисциплины базовой компьютерной подготовки появилась только в 1995 г., когда на ВЦ МЭИ были созданы несколько классов персональных ЭВМ.

2. БАЗОВАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ПОДГОТОВКА В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ: ПЕРИОД СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

Последующее совершенствование базовой компьютерной подготовки происходило на фоне целого ряда позитивных событий, имевших место в 80-е годы.

Так, в 1981 г. были введены в действие новые ГОСТы 19002—80 и 19003—80 (взамен ранних стандартов 1974 г.), учитывающие требования международных стандартов и содержащие «правила выполнения схем алгоритмов и программ» и «условные графические обозначения, их наименования, начертания, размеры и отражаемые ими функции». Это позволило (позволяет и сегодня!) унифицировать документирование разрабатываемых алгоритмов на языке блок-схем, являющемся основным и наиболее наглядным способом описания алгоритмов.

В середине 80-х годов по инициативе и при деятельном участии акад. А.П. Ершова в старших классах средней школы был введён предмет «Основы информатики и вычислительной техники» (сегодня переименованный просто в «Информатику»). Обязательное изучение этого предмета предполагало, в частности, формирование у школьников начальных навыков разработки простейших алгоритмов, их описания на предложенном А.П. Ершовым языке Псевдокод и последующего кодирования алгоритмов на одном из языков программирования (наиболее часто среди других языков программирования для этого использовался тогда язык БЕЙСИК). Это позволяло нам надеяться, что в вузы будет приходиться пополнение, уже частично подготовленное к дальнейшей серьёзной базовой компьютерной подготовке.

В эти же годы в МЭИ был создан и успешно функционировал методический Совет по применению вычислительной техники в учебном процессе, который не только обсуждал вопросы, связанные с базовой компьютерной подготовкой, но и отслеживал непрерывность последующей компьютерной подготовки студентов по всем специальностям, координировал деятельность в этом направлении всех кафедр МЭИ. Ведь если приобретённые в процессе базовой компьютерной подготовки навыки разработки алгоритмов сохраняются надолго (логическое мышление у субъекта развито раз и навсегда!), то освоенный им в курсе базовой подготовки конкретный язык программирования забывается, если он не был востребован другими дисциплинами в течение

полугодия. Поэтому кафедры, осуществлявшие общую подготовку студентов (математики, физики, электротехники и т.п.) обязаны были предусматривать в своих программах решение задач с применением ЭВМ, востребовав тем самым знания и навыки, приобретённые студентами в процессе базовой компьютерной подготовки. В те годы в ведущих отраслях промышленности активно разрабатывались различные автоматизированные системы (как «человеко-машинные» комплексы), предназначенные для автоматизации научных исследований (АСНИ), проектирования (САПР), технологической подготовки производства разнообразных изделий (АСТПП). Поэтому после базовой дисциплины «Информатика» (1—2 семестры) учебными планами предусматривалось изучение дисциплины «Информационные технологии» (3—4 семестры), в которой студенты знакомились с типовыми информационными технологиями, пакетами прикладных программ, основами построения тех или иных автоматизированных систем, приобретая тем самым и навыки использования типового программного обеспечения ЭВМ. С особенностями же применения ЭВМ для решения профессиональных задач конкретной предметной области выпускающие кафедры знакомили студентов уже на старших курсах. В курсовых и дипломных проектах обязательным являлось применение ЭВМ для решения поставленных в них задач. Важно отметить, что именно тогда программа базовой дисциплины «Информатика» была унифицирована по содержанию для всех направлений подготовки специалистов.

В 1987 г. Минвуз СССР выпустил в свет «Комплекс учебно-методических документов системы непрерывной подготовки студентов высших учебных заведений в области применения вычислительной техники» [1], разработанный Научно-исследовательским институтом проблем высшей школы совместно с Учебно-методическим управлением по высшему образованию Минвуза СССР. В документах этого Комплекса впервые были определены уровни системы непрерывной подготовки студентов в области применения вычислительной техники для вузов разного профиля (с учётом и школьной «Информатики»), предложены программы дисциплин для каждого уровня. Для базовой компьютерной подготовки были предложены следующие три уровня:

1) **первый** уровень назначался студентам, в профессии которых вычислительная техника являлась вспомогательным средством. Специалисты этой категории по мере накопления типового и прикладного программного обеспечения ЭВМ, относящихся к их предметной области, должны стать [программирующими] пользователями, умеющими эффективно использовать ЭВМ при выполнении своих служебных обязанностей;

2) **второй** уровень назначался студентам, готовящимся к широкому использованию вычислительной техники и различных автоматизированных систем на базе вычислительной техники. К этой категории относились студенты, будущая профессиональная деятельность которых связана с различного рода проектированием, выполнением большого количества расчётов и т.п.;

3) **третий** уровень назначался студентам, будущая профессиональная деятельность которых связана с проектированием вычислительной техники и программного обеспечения ЭВМ, а также различных автоматизированных систем, базирующихся на широком использовании средств вычислительной техники.

При этом для подготовки студентов инженерных специальностей (сегодня это — направления подготовки), руководствуясь совокупными требованиями к знаниям, навыкам и умениям студентов этих специальностей, был рекомендован **второй** уровень, что точно соответствовало и практике МЭИ. Такая градация уровней подготовки (возможно, с некоторой редакцией спустя 30 лет лишь первого уровня), очевидно, актуальна и сегодня. Полезной оказалась и принятая сразу в МЭИ рекомендация о необходимости выполнения каждым студентом в процессе базовой компьютерной подготовки второго уровня 25-30 индивидуальных заданий и курсовой работы (сразу же заменённой в МЭИ на типовой расчёт или расчётное задание).

И, наконец, глубокие теоретические исследования процесса программирования полностью разрушили существовавшее тогда представление о нём, как о сугубо субъективной, «кустарной» деятельности, привели к разработке различных технологий, регламентирующих весь процесс разработки программ и их реализации на ЭВМ. Так, в эти же годы начала применяться при разработке программ для ЭВМ технология структурного программирования, основной целью которой является разработка легко понимаемых алгоритмов и программ. Такая технология предполагает формирование у студента систематического подхода к разработке программ, в основу которого положено представление о технологическом процессе разработки программных средств как последовательности строго определённых и взаимосвязанных этапов со своей системой технологических правил и приёмов.

Учитывая последнее, кафедра прикладной математики МЭИ с 1988/89 учебного года внедрила новую методику преподавания базовой дисциплины «Информатика» по всем направлениям подготовки студентов, реализующую методологию структурного программирования [2]. Согласно этой методике студент, владея фундаментальными понятиями «задача — метод её решения — алгоритм — программа для ЭВМ», последова-

тельно реализует все основные этапы технологического процесса разработки программ для ЭВМ:

1) составление полной функциональной спецификации поставленной задачи с детальным описанием всех обрабатываемых данных, возможных отрицательных результатов решения задачи и тех недопустимых ситуаций, которые могут возникнуть в процессе её решения, а также с обоснованием выбора наиболее эффективного метода решения;

2) пошаговое (для сложных задач) проектирование алгоритма решения задачи с выделением составляющих её более простых подзадач и их вспомогательных алгоритмов, причём алгоритмов структурированных, т.е. составленных из ограниченного набора базовых управляющих структур;

3) кодирование проекта алгоритма на языке программирования;

4) отладка (и тестирование) программы;

5) составление отчётной документации.

Такой полный технологический цикл обязательно реализуется студентом при выполнении расчётного задания (типového расчёта). Кроме этого, в течение всего периода базовой компьютерной подготовки студент разрабатывает ещё 20—30 индивидуальных заданий.

Для методического обеспечения такого нового курса кафедрой прикладной математики были разработаны учебные и методические пособия (см., например, [3, 4, 5]), существенно изменены методика проведения лабораторных занятий в классах персональных ЭВМ и роль самостоятельной работы студентов.

3. БАЗОВАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ПОДГОТОВКА В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ: ПРОБЛЕМЫ ПОСЛЕДНЕГО ВРЕМЕНИ

Необходимо обратить внимание на некоторые негативные моменты, связанные с базовой компьютерной подготовкой в МЭИ и проявившиеся в последние 15—20 лет. Так, периодически предпринимались попытки изменения или даже выхолащивания содержания дисциплины базовой подготовки со стороны некоторых направлений.

Во-первых, это было связано с пожеланиями убрать из программы дисциплины «Основы алгоритмизации», т.е. программирование как таковое, но язык программирования оставить. Вероятно, этому направлению инженер с развитым логическим (алгоритмическим!) мышлением уже стал не нужен. В связи с этим уместно напомнить инициаторам таких новаций два утверждения, озвученные не одно десятилетие назад: «Программирование учит нас мыслить ясно» и более ортодоксальное, но актуальное и сегодня «Умение инженера понимать и разрабатывать алгоритмы (а ведь это схемы поведения машин, при-

боров, систем и т.п.) равносильно сегодня умению читать и писать на заре книгопечатания».

Во-вторых, часто предлагалось заменить используемый в курсе язык программирования, когда на одной из выпускающих кафедр направления X появлялся активный специалист Z, использующий другой язык для решения прикладных задач этого направления и требующий, чтобы первокурсники именно его и освоили. Практическая бессмысленность этого уже была выше разъяснена. К тому же надо понимать, что язык программирования в базовой компьютерной подготовке является по своему назначению лишь учебным языком, специфические особенности которого могут даже не рассматриваться. Какой язык программирования следует использовать сегодня в базовой компьютерной подготовке, должна определять с учётом многих обстоятельств только кафедра, проводящая такую подготовку. Освоение же других языков программирования, применяемых при решении прикладных задач конкретной предметной области, должно быть предусмотрено программами последующих дисциплин и приближено ко времени их практического использования. Впрочем, при условии полноценной базовой компьютерной подготовки студент готов будет и самостоятельно освоить новый язык программирования. С 1998 г. учебным языком для базовой компьютерной подготовки в МЭИ является в основном язык Паскаль, который был разработан Н. Виртом как язык для обучения структурному программированию.

В итоге, поскольку координирующего методического Совета в МЭИ давно нет, подобные изменения в программах базовой компьютерной подготовки по отдельным направлениям имели место, если «реформатор» был очень настойчив («у нас давно рыночные отношения: что мы закажем, то и должно быть обеспечено!»), а кафедра прикладной математики уступала. Поэтому сегодня палитра программ дисциплины «Информатика» по отдельным направлениям выглядит очень пестро (подробный анализ этих программ будет дан в докладе).

Но, справедливости ради, можно привести и не один пример длительного позитивного взаимодействия кафедры прикладной математики и дирекций отдельных направлений. Так, например, при разработке новой программы дисциплины «Информатика» для направления 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» дирекция Института тепловой и атомной энергетики МЭИ предложила такую структурную и часовую сетку дисциплины (с учётом опыта реализации предыдущих программ), что кафедре прикладной математики оставалось лишь наполнить эту программу необходимым содержанием [6]. Такая дисциплина, изучаемая в течение 1-го и 2-го семестров, общим объёмом 396 часов (из них 184 часа —

самостоятельная работа студентов) с еженедельными лекциями и чередующимися по неделям практическими и лабораторными занятиями, с тремя контрольными работами в каждом семестре, с расчётным заданием во 2-м семестре и двумя экзаменами позволяет не только осуществить полноценную базовую компьютерную подготовку в целом, но и проконтролировать подготовку каждого студента.

Следующая проблема как раз и связана с контролем работы каждого студента со стороны преподавателя, и прежде всего его самостоятельной работы. Для этого всегда использовались такие традиционные формы контроля, как проведение контрольных работ с обязательным обсуждением их результатов с каждым студентом, публичная презентация выполненного студентом типового расчёта (расчётного задания). Но сегодня эти виды учебной работы преподавателя (как «неконтактные»?) изъяты из нормируемых видов учебной работы и отнесены к его учебно-методической работе (по соображениям, никак не связанным с необходимостью повышения эффективности учебного процесса). По внешним указаниям отменены и зачёты в семестрах, завершающихся экзаменом: они заменены маловразумительными «допусками к экзамену» с ненормированной нагрузкой на преподавателя. Таким образом, контроль текущей работы студента в семестре (а без него эффективной базовой компьютерной подготовки просто нет!) возможен только за счёт дальнейшей интенсификации труда преподавателя. А она и так за пределами высока. Это обусловлено и интерактивной формой проведения практических занятий с активной работой преподавателя у доски с мелом, и необходимостью неоднократного собеседования с каждым студентом на лабораторном занятии при контроле выполнения им очередных индивидуальных заданий, его подготовки к лабораторному занятию, а также результатов его работы на лабораторном занятии. Преподаватель при собеседовании со студентом контролирует результаты работы студента, представленные в виде разработанных им алгоритмов, очень быстро оценивая их корректность и делая необходимые замечания, анализирует тексты разработанных студентом программ для ЭВМ, выявляя в них синтаксические и семантические ошибки в тех случаях, когда программа не должна тестироваться на лабораторном занятии.

Понятно, почему в 90-е годы и в начале двухтысячных, когда такой интенсивный труд преподавателей перестал адекватно оцениваться, кафедра прикладной математики потеряла многих квалифицированных штатных преподавателей по базовой компьютерной подготовке, в лучшем случае сохранив их в виде малоформатных внешних совместителей. В те годы добрую половину

лекторов потоков по «Информатике» составляли внешние совместители. Но ведь и сегодня **очень интенсивный** труд преподавателей по базовой компьютерной подготовке никак не оценивается внедрённой в МЭИ внешней системой стимулирования их труда, чем окончательно преданы забвению традиционные ранее для МЭИ критерии оценки эффективности профессионального труда преподавателей. Опытные преподаватели уходят, а молодая смена целенаправленно не готовится и при острой необходимости «вводится в дело с колёс» (школа молодых преподавателей на кафедре прикладной математики давно перестала функционировать). Если эта тенденция не изменится, не исключено, что в ближайшей перспективе некому будет на кафедре прикладной математики вести базовую компьютерную подготовку, которую просто «растащат» по выпускающим кафедрам отдельных направлений с непредсказуемыми для такой подготовки последствиями. Только предельная загруженность преподавателей дисциплины «Информатика» не позволяет им находить время для подготовки новых учебных и методических пособий или хотя бы переиздания уже существующих.

Нельзя не констатировать и то, что средняя школа так и не оправдала возлагавшихся на неё надежд после введения в её программу предмета начальной компьютерной подготовки. Так, из результатов ежегодного анкетирования первокурсников по школьной компьютерной подготовке, проводимого кафедрой прикладной математики, следует, что уже в конце 80-х годов до 40—50 % выпускников средней школы не встречались на уроках школьной информатики с понятием алгоритма, а 20—30 % не знакомы ни с одним языком программирования. И это в те годы, когда судьба школьной компьютерной подготовки находилась под контролем акад. А.П. Ершова и ещё существовали методические кабинеты и объединения учителей при отделах народного образования. Средняя школа затем «обнищала», но уже в наше время, как нам говорят, «ожилла». Сегодня уже, вероятно, уроки информатики не проводят математик, физик или, на худой конец, учитель физкультуры, как бывало ранее. Изменилась ли ситуация с компьютерной подготовкой? Данные анкетирования первокурсников в 2015 году говорят о том, что, по-прежнему, 40 % из них с алгоритмами не встречались, а 20 % не знакомы ни с одним языком программирования, причём у 13 % школьников не было на уроках информатики ни того, ни другого. Чем же они там занимались? Осваивали Word, Excel, а иногда и Power Point. Это ведь для учителя проще, чем формировать у каждого школьника начальные навыки алгоритмизации простейших задач!

Вообще же, экспертные исследования говорят о том, что средняя школа свой кризис так и не

смогла преодолеть [7]. Мы это ощущаем всё более отчетливо с каждым годом. Изучение школьной информатики стало, по сути, факультативным для абсолютного большинства учащихся. Наши первокурсники думать не умеют, самостоятельно работать не приучены, учебные пособия читать не могут, повторять материал лекций и практических занятий не способны. Вероятно, средняя школа сегодня ориентирует учебный процесс (и ЕГЭ ли только в этом повинен?) на развитие у школьников стереотипного стандартного мышления («покажи как, я сделаю точно так же!»). Всё это ещё более осложняет задачи, стоящие перед преподавателями базовой компьютерной подготовки, поскольку им теперь необходимо не только передать таким первокурсникам определённые знания и сформировать необходимые навыки у каждого из них, но и выровнять школьную подготовку по информатике отдельных студентов, научить их думать и логически мыслить, планировать время своей самостоятельной работы и «побудить студента к развитию». И всё это нужно сделать в те же часы и за ту же скромную оценку своего очень интенсивного труда.

В этот же период времени фактически прекратилось методическое взаимодействие вузов в плане базовой компьютерной подготовки студентов: оно стало эпизодическим, приобрело случайный характер. Нет сегодня такого взаимодействия вузов и со средней школой, несмотря на то, что все они находятся в ведении одного министерства.

Для преодоления названных негативных явлений, на наш взгляд, необходимо:

- в той или иной форме обеспечить координацию решения вопросов, связанных с базовой компьютерной подготовкой, на уровне ректората МЭИ;
- при разработке новых учебных планов и очередной коррекции учебных программ вернуться к унифицированной программе базовой компьютерной подготовки;
- восстановить хотя бы для дисциплины «Информатика» проведение контрольных работ и приём типовых расчётов (расчётных заданий) в раздел нормируемых видов учебной работы преподавателя;
- дополнить систему стимулирования труда преподавателей показателями, связанными с оценкой интенсивности и эффективности труда преподавателей;
- сделать попытку восстановить межвузовское методическое взаимодействие по вопросам базовой компьютерной подготовки студентов, а также взаимодействие вузов со средней школой, например под эгидой Минобрнауки РФ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Базовая компьютерная подготовка является составной частью фундаментальной подготовки инженера любой прикладной области. Исторически целью изучения дисциплины базовой компьютерной подготовки «Информатика» всегда являлось формирование базовых теоретических представлений и практических навыков, необходимых для решения задач с применением ЭВМ путём их программирования.

Задачами этой дисциплины сегодня являются:

- формирование у обучающихся формально-логического, алгоритмического мышления;
- освоение современной технологии структурного программирования, обеспечивающей эффективную разработку алгоритмов и программ для ЭВМ;
- формирование практических навыков проектирования алгоритмов любой сложности с применением методов их «пошаговой» детализации;
- освоение одного из процедурно-ориентированных языков программирования, используемого в ней в качестве учебного языка программирования.

Дисциплина базовой компьютерной подготовки как дисциплина фундаментальная должна быть достаточно консервативна по отношению к вносимым в неё изменениям. Такие изменения могут быть связаны с использованием новой технологии программирования или выбором более эффективного учебного языка программирования.

В результате базовой компьютерной подготовки каждый студент (будущий инженер) должен уметь:

- разрабатывать полные функциональные спецификации поставленных задач;
- планировать процессы решения задач, декомпозируя сложные задачи на более простые подзадачи, и представлять их в виде соответствующих алгоритмов;
- документировать алгоритмы на языке блок-схем как универсальном языке описания алгоритмов;

- кодировать разработанные алгоритмы на одном из языков программирования высокого уровня и отлаживать (тестировать) созданные программы при необходимости решения задачи с применением ЭВМ.

Дополнительный результат базовой компьютерной подготовки — методологическая готовность студента в процессе дальнейшего обучения и последующей инженерной деятельности справиться с любой поставленной перед ним задачей любой сложности.

Такая базовая компьютерная подготовка в инженерном образовании в России будет осуществляться, пока стране необходимы квалифицированные инженеры, способные логически мыслить и эффективно решать любые поставленные перед ними профессиональные задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Комплекс** учебно-методических документов системы непрерывной подготовки студентов высших учебных заведений в области применения вычислительной техники. М.: Министерство высшего и среднего специального образования СССР, 1987.
2. **Кутепов В.П., Архипов О.Г., Котарова И.Н.** О базовой компьютерной подготовке студентов технического вуза (на опыте Московского энергетического института) // Тезисы докладов Республиканского совещания-семинара «Использование ЭВМ в учебной и научно-исследовательской работе студентов». Новосибирск: НГУ, 1990.
3. **Чуркина Л.В., Перевезенцева Е.С., Котарова И.Н.** Технология разработки структурированных алгоритмов: учебное пособие. М.: МЭИ, 1988.
4. **Котарова И.Н., Глаголев В.Б.** Основы технологии разработки алгоритмов: учебное пособие. М.: МЭИ, 1989.
5. **Сборник** задач по базовой компьютерной подготовке. учебное пособие / В.С. Зубов, И.Н. Котарова, О.Г. Архипов и др. М.: МЭИ, 1998.
6. **Архипов О.Г.** Учебная программа по дисциплине ИНФОРМАТИКА для направления 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика. М.: Издательство МЭИ, 2014.
7. **Привалов А.** О том, что случилось со школой // Эксперт. 2015. № 17(943).

O.G. Arkhipov

ArkhipovOG@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

BASIC COMPUTER TRAINING IN ENGINEERING EDUCATION TODAY

SUMMARY

The report is devoted to the modern approach to basic computer training in engineering education which is based on methodology of structural programming. Complementary peculiarities in realization of this methodology which allow to future engineer to solve any complicated task by algorithmic method are considered. Examples of successful realization of such approach in basic computer training students of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute» are adduced.

Т.К. Афанасьева

9150867357@mail.ru

ФГБОУ ВО Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИСТОРИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён одной из актуальных проблем — применению естественно-научных и прежде всего математических методов исследования в гуманитарных и обществоведческих науках.

ВВЕДЕНИЕ

Со времен И. Канта считается, что степень зрелости любой научной дисциплины и показатель её способности описывать реальность связаны с использованием формализованных методов, в частности, математики. Поэтому не удивительно, что инициатива создания математической истории исходит, в первую очередь, от математиков. Объективными могут быть те понятия и термины, за которыми стоит число, т.е. математическая модель. И только синтез гуманитарного и естественно-научного аппарата философии способен защитить историю от идеологического прессинга, помочь ей перестать быть политикой, опрокинутой только в прошлое.

1. ИСТОРИЯ И МАТЕМАТИКА

Роль комплекса гуманитарных дисциплин в условиях развития информационной культуры, позитивные и негативные аспекты его влияния на личность студента обстоятельно проанализированы М.И. Смирновой и Н.Д. Ермишиной [1] другими учёными.

Развитие гуманитарных наук в последние 25 лет позволило создать конструктивные подходы к гуманитарным и технологическим проблемам глобализации и модернизации, сделать их достоянием элит и части гражданского общества [2].

К сожалению, исторические сведения об открытии законов, введении новых понятий, совершенствовании методов исследования, возникновении новых теорий отсутствуют в многочисленных работах историков. К тому же огромное количество людей в Интернете оказались вовлечёнными в дискуссии. В результате возникли самые фантастические точки зрения на природу исторических процессов, а историки предпочли не заниматься проблемами прогностической функции своей науки.

Исторический процесс — это сочетание огромного числа событий, поступков, мнений, устремлений, замыслов и просчётов. Но как из всего массива этих фактов выбрать те немногие, которые наилучшим образом характеризуют изучаемые события? Для этого необходимо понимать, в

какой мере тот или иной исторический факт закономерен, является ли он отражением общих тенденций? Единственный способ сделать это — перейти от анализа фактов к осмыслению процессов, что предполагает и рассмотрение исторических альтернатив.

Первыми руку помощи историкам протянули математики. Кафедра исторической информатики МГУ им. Ломоносова под руководством Л.И. Бородкина, продолжателя дела академика И.Д. Ковальченко — основоположника отечественной школы клиометрии и клиодинамики, подготовила проект «Динамика экономического и социального развития России в XIX — начала XX вв». Выложенные учёными в Интернете 7000 временных рядов, охватывающих в динамике экономические и социальные процессы, призваны не только помочь остановить неуправляемый шквал исторических упражнений, но и представить учёным-обществоведам верифицированный эталон научной информации. За каждым значительным по продолжительности и глубине историческим фактом, повлекшим за собой грандиозные перемены, всегда стоят самые совершенные на тот момент политические механизмы. Не было исключения и разрушение, или разгром Советского Союза. Особенность этой величайшей трагедии состоит в том, что это был невиданный пока ещё в человеческой истории случай, когда абсолютное большинство событий было тщательно спланировано, смоделировано и проиграно на ЭВМ [3].

В промежуток между 1990 и 2000 гг. наша страна вошла в кризисный отрезок своей истории. Темпы экономического роста упали, сказалось демографическое эхо Второй мировой войны, уменьшилось количество занятых в экономике людей. Добыча нефти и газа подорожала, а их энергоёмкость снизилась. У власти не было продуманной научной концепции обновления страны, чётких социальных целей, знания общества. Лидеры, поглощённые борьбой за власть, недооценивали опасности вспыхнувших в национальных республиках конфликтов [4]. О том, насколько математика может быть полезной для исторического прогнозирования в самом прикладном смысле, советским учёным известно приблизительно с 1970-х годов. Тогда в ВЦ АН СССР шли эксперименты по математическому моделированию исторических процессов.

Возглавлял эту работу академик Н. Моисеев. В 1985 году во ВНИИСИ АН СССР и ГКНТ

(ИСА РАН) был подготовлен прогноз «На пороге третьего тысячелетия» (Глобальные проблемы и долгосрочное развитие СССР). В этом докладе были исследованы различные аспекты и сценарии развития страны до 2000 г. и далее изложены выводы и рекомендации [5].

В докладе объёмом в 300 страниц были представлены результаты системного компьютерного моделирования мирового экономического развития на период 1980—2000 гг. и далее. Моделирование проводилось для мира, разбитого на девять регионов: СССР, Китай, остальные социалистические страны, США, Европейское сообщество, Япония, другие капиталистические страны, страны ОПЕК, остальные развивающиеся страны.

Наряду с компьютерным математическим моделированием использовался аппарат экспертных оценок. Моделирование проводилось на базе огромного объёма информации, полученной из ООН, Госкомстата, международных исследовательских организаций. Наиболее важным результатом был следующий: в отличие от зарубежных глобальных проектов, где СССР благополучно существовал за пределами 2000 года, в проекте ВНИИСИ на траектории инерционного развития отрезок «1990—2000 гг.» становился кризисным. Политические последствия экономических процессов уже тогда выглядели очевидными. И даже грядущая катастрофа, о которой предупреждали учёные, не заставила политиков свернуть с проторённого пути. Советская политическая система в 1985 г. оказалась не только неспособной выработать новый экономический курс, но боялась видеть себя в реальном зеркале фактов и прогнозов. Последовала «перестройка», за которой наступил август 1991 г. Поэтому прогноз так и не напечатали. Между тем предсказания советологов и аналитиков ЦРУ об устойчивом развитии нашей страны без всяких серьёзных потрясений, были приняты за истину.

С начала 1990-х годов ситуация начинает меняться. В Институте прикладной математики (ИПМ) им. М.В. Келдыша проф. С.П. Капица и член-корр. РАН С.П. Курдюмов начали научную проработку проекта для страны, который должен был определить её путь в будущее на десятилетия вперед.

С этого времени прослеживается устойчивая тенденция использования математических методов в исторических и обществоведческих исследованиях.

С 2006 г. ежегодно издаются коллективные монографии в серии «История и математика», проводятся конференции. Так, в конце октября 2007 г. в ИПМ им. Н.В. Келдыша РАН состоялась, вероятно, одна из первых в мире конференций по математической истории. В течение последних восьми лет в России сложилось научное сообщество (Г.Г. Малинецкий, С.Ю. Малков,

Л.Е. Гринин, А.В. Коротаев и др.), активно развивающее это направление.

Применение математических методов моделирования исторических процессов, обработки количественных данных и построения строгих теорий в истории стало одним из самых молодых направлений в общественных науках.

2. ПРОБЛЕМЫ ЗАКОНОТВОРЧЕСТВА

25 декабря 1993 г. вступила в силу Конституция РФ, по которой живет современная Россия.

Насколько она соответствует современному этапу исторического развития?

Должен ли основной закон совпадать с нашей реальной жизнью?

Существует две основные точки зрения. Стронники первой точки зрения утверждают, что Конституция должна отражать сложившиеся отношения в обществе. Представители другой считают, что Конституция должна не только отражать действительность, но и конструировать будущее, задавать матрицу отношений в обществе, т.е. определять, какими мы хотим быть, в каком государстве хотелось бы нам жить.

О том, насколько актуальны проблемы законотвoрчества свидетельствуют следующие факты. На основе метода частотного контент-анализа сотрудник Центра научной политической мысли С.С. Сулакшина В. Багдасарян на широком и детальном анализе содержания Конституции России в сопоставлении с мировым конституционным опытом 163 государств, вполне убедительно показал, что Конституция России является Конституцией не суверенного, побеждённого государства [6].

Президент В.В. Путин на встрече с зав. кафедрами конституционно-правовых дисциплин российских вузов в 2013 г. подчеркивал, что нужно крайне осторожно вносить изменения в Конституцию и только тогда, когда общество созрело.

В октябре 2014 г. в послании Федеральному собранию Президент подчеркнул, что конституционный каркас должен быть стабильным и прежде всего это касается второй главы.

Текстуально текст основного закона остается прежним, но с каждым годом благодаря позиции Конституционного суда Конституция становится объёмнее и современнее.

Несмотря на то, что Президент считает российскую правовую систему одной из самых развитых в мире, он постоянно подчёркивает, что Конституция России должна быть «живой», в ней возможны изменения, продиктованные жизнью.

Наша Конституция защищена от необоснованных вторжений. Конституционные нормы необходимо постоянно анализировать, изучать правоприменительную практику и уметь смотреть за горизонт.

Когда сложно гражданам разобраться и добиться справедливости, у нас принято ссылаться

на несовершенство законодательства. Это тот самый случай, когда количество существующих законов никак не перейдет в их качество.

За последние 19 лет депутаты Государственной думы сочинили более 22 000 законов, из них было принято 5876, около 350 забраковали руководители государства (рис. 1).



Рис. 1

Таким образом, вступили в действие и стали обязательными 5529 законов [7].

Если какой-то юрист поставит себе цель изучать по одному закону в день, ему придется потратить 15 лет, не прерываясь на выходные и праздники.

Законодателям пора остановиться и сделать передышку, считает член Общественной палаты России адвокат А. Кучерена.

В послании Федеральному собранию 3 декабря 2015 г. Президент В.В. Путин, касаясь вопросов законотворчества, указал, что за 2014 г. следственными органами было возбуждено почти 200 000 уголовных дел по так называемым экономическим составам. До суда дошло только 46 000, ещё 15 000 развалилось в суде. Абсолютное большинство 83 % предпринимателей полностью или частично потеряли свой бизнес. Их прессовали, обобрали и отпустили [8].

Об отсутствии важнейших полномочий Президента РФ по Конституции 1993 года говорят следующие юридические факты.

Президент не имеет права:

1. Препятствовать принятию **АНТИНАРОДНЫХ ЗАКОНОВ**. Согласно п. 3 107 ст. Конституции России Президент не имеет полномочий отклонить закон **БОЛЕЕ 2 раз**, даже если тот является **АНТИНАРОДНЫМ**.

2. Назначать премьер-министра (председателя правительства) Согласно п. а. 83 ст. Президент назначает с согласия Государственной думы Председателя Правительства Российской Федерации. Поэтому он вынужден искать «компромиссную фигуру», которая устраивает как западное лобби в Государственной думе, так и его.

Именно поэтому Президент не может сформировать **ПОЛНОЦЕННУЮ** управленческую команду.

Проблемы в юридических науках стали нарастать в 90-е годы. Общероссийский классификатор

отраслей законодательства в 1997 г. содержал 48 отраслей права, и только указом Президента РФ от 15.03.2000 г. № 511 был утвержден классификатор правовых актов, который теперь содержит 19 отраслей права.

Насколько точные науки могут быть полезными в решении актуальных проблем законотворчества?

Теорией права уже давно изучаются возможности использования методов кибернетики и электронной логики. Особенно активно стал развиваться этот процесс к середине 80-х годов XX столетия. В настоящее время большинство учёных признается, что полная интеграция данных наук невозможна, поэтому юридические науки могут заимствовать лишь частные приёмы и методы из естественных и математических наук. В частности, все большее распространение получает математическое моделирование, в основе которого лежит выражение общественно-правовых процессов через математические символы. Но общественные процессы обладают не только количественными, но прежде всего и качественными показателями. Следовательно, при целостном внедрении математических методов неизбежно возникнет ошибка в действиях, которые смогут дать только искаженный результат. Поэтому в юридических науках нельзя использовать математические уравнения и их системы. Свое отражение математические методы находят в юридических науках только в семиотическом плане.

3. О ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ИСТОРИЧЕСКИ НЕРЕШЁННЫХ ПРОБЛЕМ

В начале 80-х годов XX века в рамках программы «Сибирь» В.В. Алексеевым была предпринята попытка осмыслить, понять влияние на настоящее и будущее, смоделировать сценарии грядущего на основе исторического опыта прошлого. В дальнейшем (1995 г.) она получила большой резонанс на XVIII Международном конгрессе исторических наук в Монреале, но не нашла широкого распространения в нашей стране.

До сих пор в исторической науке господствует мнение, что это не дело служителей Клио. Между тем, если история желает выжить в информационном XXI веке, считает ряд учёных во главе с А.А. Алексеевым, ей предстоит перейти, как это сделали все науки, от описательности к анализу и прогнозу.

Основанием для исторического прогноза служат закономерности исторических процессов и аналогии их конкретных проявлений, соотносённые с реалиями современности. Наиболее универсальными из них служат графические и специфические вековые и четвертьвековые циклы. Например, для России рубежи последних четырёх веков озаменовались переменами основополагающего свойства. Апогеем векового цикла

стали 12-е годы XXI века, как это случилось в 1610—1613, 1708—1709; 1812—1814; 1914—1917 гг. Внутри вековых циклов действуют четвертьвековые, связанные со сменой политических элит. Два последних века убедительно подтверждают эту тенденцию. Примеров сбывшихся исторических прогнозов довольно много. Проблема заключается в изучении методов их получения. Разумеется, что для прогнозирования перспектив важно не только учитывать преемственность традиций, ориентированных на прошлое, но и исторически нерешённые проблемы, а также перемены, которые несёт с собой будущее. Более того, преемственность и перемены надо как-то совмещать, понимать их взаимодействие, а для этого гуманитарного знания исторического мышления недостаточно. Необходима количественная история, широкие динамические ряды и динамические модели, одинаково хорошо понимаемые как математиками, так и историками. Образцом в этом отношении является монография американского учёного Питера Турчина «Историческая динамика» (пер. с англ. 2007 г.), а также книга одного из последних гигантов «советской Атлантиды» С. Никанорова: «Уроки СССР. Исторически нерешённые проблемы как факторы возникновения, развития и угасания СССР» (2012 г.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы находимся на этапе мощного взаимодействия гуманитарных и естественных наук. Стремление к междисциплинарности — одна из самых примечательных черт современной науки. В основе математической истории лежат математическое моделирование исторических процессов, новые информационные технологии и теория самоорганизации (синергетика). Это направление даёт новые возможности количественного анализа социально-

экономических систем. Историки должны перейти от анализа фактов к осмыслению исторических альтернатив, научиться на основе исторически нерешённых проблем решать задачи стратегического прогноза и проектирования будущего.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Смирнова М.И., Ермишина Н.Д.** Роль техники в современном мире и гуманитарная составляющая в техническом вузе // Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования», 15—16 апреля 2014 г. М.: Изд-во МЭИ, 2014. С. 569—572.
2. **Афанасьева Т.К.** Гуманитарные науки на пороге цивилизационного сдвига // Сборник материалов заочной научно-практической конференции с международным участием. Динамические процессы в современном социокультурном пространстве России: Гуманитарные и технологические аспекты глобализации и модернизации. 1 декабря 2013 г. 15 января 2014 г. Волжский, 2014. С. 90—92.
3. **Шевякин А.** Разгром советской державы. От «оттепели» до «перестройки». М.: Вече, 2007. С. 3.
4. **Разуваева Н.Н.** История России: конец XX века: Курс лекций Академия ВЭГУ. Уфа, 2010. С. 4.
5. **История и математика:** математическое моделирование [Электронный ресурс]. URL: http://cliodynamics.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=39 [дата обращения 27 ноября 2015].
6. **Багдасарян В.** Сравнительный конституционный анализ. Конституция РФ как конституция побеждённого государства // Либеральная конституция России 1993 г.: проблема смены: Материалы научно-экспертной сессии. 6 декабря 2013 г. М.: Наука и политика, 2014. С. 14—43. [Электронный ресурс]. URL: http://russia.tv/video/show/brand_id/3838/episode_id/1169578/video_id/1131119/viewtype/picture/ [дата обращения 4 февраля 2015].
7. **Послание** Президента Федеральному Собранию 03.12.2015 [Электронный ресурс]. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/50864/videos> (дата обращения 3 декабря 2015).

T.K. Afanasyeva

9150867357@mail.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

APPLICATION OF MATHEMATICAL METHODS FOR HISTORY RESEARCH

SUMMARY

The report is dedicated to an actual problem — an application of mathematical methods of research in History and Social Sciences.

ИНТЕРАКТИВНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ В ЦП ФЕСТО НИУ «МЭИ»

АННОТАЦИЯ

Описаны примеры применения виртуальной среды моделирования для обучения студентов инженерных специальностей в подразделении ЦП Фесто в МЭИ. Показана возможность совместного использования компьютерных средств и современного промышленного оборудования в учебном процессе. Представлен разработанный графический интерфейс, обеспечивающий интерактивное взаимодействие с моделью.

ВВЕДЕНИЕ

Промышленная робототехника является одним из современных и наиболее актуальных направлений автоматизации производственных процессов. Применение автоматизированных систем позволяет в большой степени упростить работу человека по совершению рутинных операций, в некоторых случаях даже заменить его. Подготовка в этой области актуальна и востребована. Для совершенствования процесса обучения все чаще применяют возможности компьютерного моделирования современного промышленного оборудования, так как это не требует больших финансовых затрат и даёт возможность оценить работу разрабатываемых систем. Популярными примерами моделируемых автоматических систем являются манипуляторы и мобильные роботы. Сочетая возможности моделирования с использованием современного промышленного оборудования, можно существенно улучшить качество подготовки студентов. В работе изложен опыт использования манипуляторов типа «хобот» и трипод, мобильного робота Robotino Festo Didactic в процессе обучения.

1. РОБОТ-МАНИПУЛЯТОР

Робот-манипулятор (типа «хобот») состоит из последовательно соединённых звеньев, первое из которых соединено с опорной стойкой, а последнее снабжено рабочим органом (захватом). Каждое из звеньев имеет соединения не более чем с двумя другими так, чтобы не образовывалось замкнутых цепей. Соединение двух звеньев является сочленением, которое имеет только одну степень свободы (вращение). Звенья манипулятора участвуют в относительном движении, в результате которого достигается определённое положение и ориентация рабочего органа в пространстве. В зависимости от применения манипулятора и поставленных задач составляется схема механической структуры (рис. 1), определяющая параметры всех звеньев и сочленений.

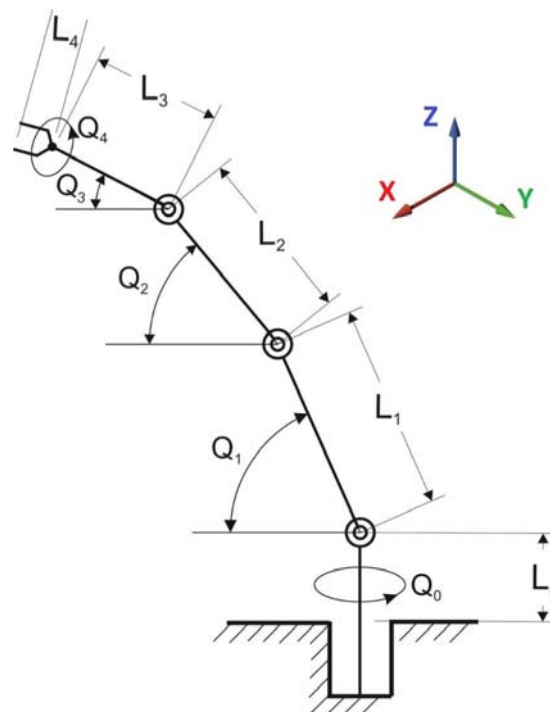


Рис. 1. Механическая структура

Для того чтобы описать положение захвата в пространстве, необходимо решить прямую задачу кинематики, которая сводится к определению зависимости, устанавливающей связь между абсолютной (система координат основания) и связанной системами координат. Но наибольший интерес представляет обратная задача кинематики, которая заключается в определении переменных параметров манипулятора при заданном положении захвата [1]. Стоит отметить, что решение данной задачи сопряжено с определёнными трудностями и, как правило, выполняется с использованием численных методов решения [5].

Одним из наиболее важных параметров манипулятора является его рабочая область – это непосредственно та область, в каждой точке которой возможно позиционирование манипулятора. Исходя из решения прямой задачи [2] и пользуясь системой уравнений, описывающих его кинематику, выполнено построение области достижимости (рабочей области) манипулятора для фиксированных значений угла поворота основания (рис. 2).

Для решения прямой и обратной задачи кинематики была разработана программа, обладающая графическим интерфейсом управления. После выполнения расчёта координат для прямой или обратной задачи осуществляется перемещение

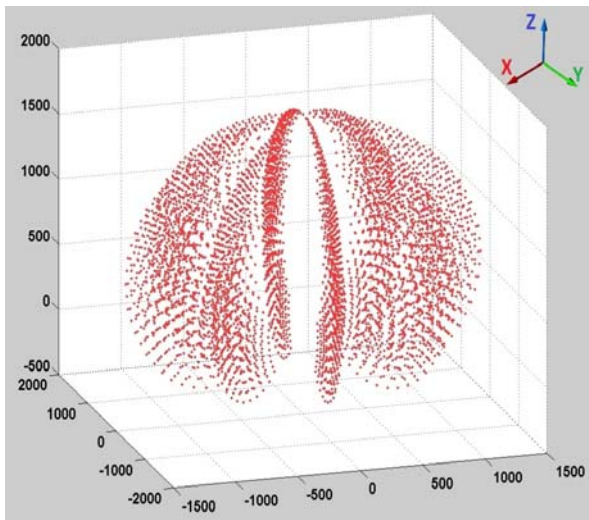


Рис. 2. Область достижимости робота-манипулятора

ние виртуальной 3-D модели. Используя среду MatLab Simulink строится модель, которая отражает кинематические и динамические свойства манипулятора. При этом используется пакет расширения Simulink SimMechanics.

Для визуализации движения манипулятора используется среда виртуальной реальности MatLab VR Sink [4]. На рис. 3 показана модель виртуальной реальности для промышленного манипулятора заданной конфигурации: основание 1 осуществляет вращение манипулятора вокруг оси Z; сочленения 2, 3 и 4 обеспечивают наклон звеньев к плоскости основания; вращение захвата 6 обеспечивает основание захвата 5.

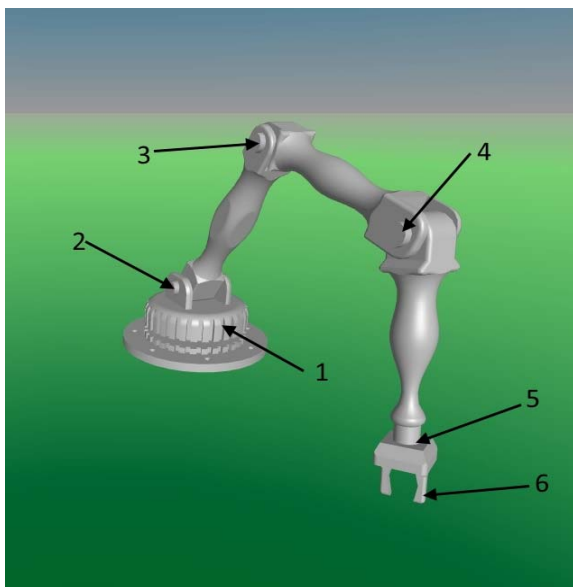


Рис. 3. Виртуальная модель манипулятора

Движение звеньев робота-манипулятора зависит от выбранных исполнительных механизмов (в случае выбранной конструкции все движения вращательные). Так, для всех исполнительных механизмов манипулятора необходима соответствующая система управления, в теории управле-

ния существуют различные виды регуляторов (П, ПИ, ПИД и др.).

В работе представлен графический интерфейс, позволяющий подбирать закон управления и его параметры и в режиме реального времени отслеживать эти изменения по графику перемещения (рис. 4). Окно графика перемещения позволяет в режиме реального времени выполнять построение графика зависимости положения мотора, установленного на звене манипулятора (в градусах), от времени (в миллисекундах). На окне слева располагается непосредственно сам график, а справа — элементы управления, настройки параметров и выбора данных. В программе предусмотрена возможность для выбора данных, построение которых необходимо выполнить. Построение текущих значений для каждого из моторов осуществляется посредством получения данных от виртуальной модели, а заданные значения поступают от системы управления.

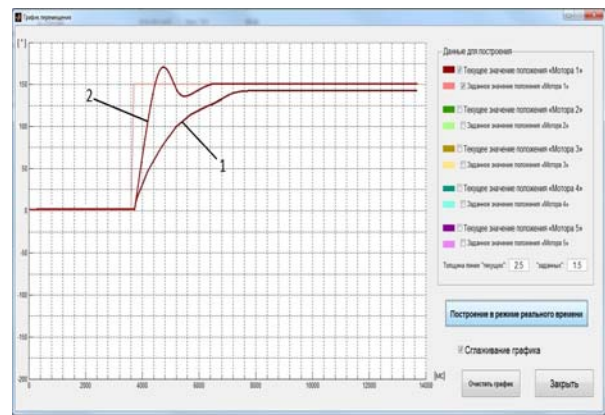


Рис. 4. График перемещения

На рис. 4 представлены два графика с различными законами управления и параметрами регуляторов. Используя разработанное программное обеспечение, возможно довольно просто и интуитивно понятно выполнить подбор параметров для регулятора, пользуясь графиками, и осуществлять выбор регулятора в зависимости от требований.

2. МАНИПУЛЯТОР-ТРИПОД

Представлена конструкция манипулятора с параллельной кинематической системой (рис. 5). В отличие от декартовой кинематики оси расположены не перпендикулярно друг другу, и декартово пространство не образуется. Данный кинематический элемент имеет три степени свободы для перемещения в пространстве и одну степень свободы для ориентации по углу. Высокоскоростной манипулятор для свободного движения в пространстве обеспечивает точность перемещения и позиционирования, а также высокую динамику до 150 циклов/мин. Углепластиковые тяги служат для закрепления выходной площадки с каретками линейных осей, что сводит подвижную

массу к минимуму, минимизирует вибрации и даёт высокие динамические показатели. Комплектные линейные приводы, закреплённые между собой и неподвижные, образуют жёсткую конструкцию в форме пирамиды.

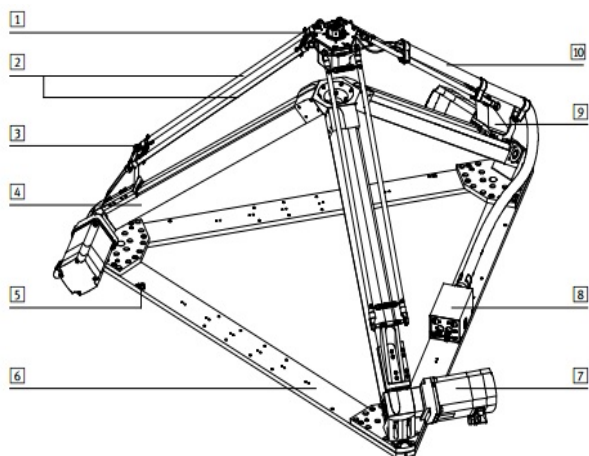


Рис. 5. Конструктивная схема манипулятора типа «Трипод»: 1 — площадка захвата; 2 — триподная пара; 3 — шарнир; 4 — привод с зубчатым ремнём; 5 — зажим для подключения заземления; 6 — монтажная рама; 7 — мотор; 8 — корпус интерфейса; 9 — панель подключения; 10 — защитный шланг

Поворотный сервопривод, монтируемый на выходную площадку, дополняет конструкцию трипода, превращая его в 4-осевую систему. Нулевая точка общей системы координат определена через общую точку всех осей триподных пар. Нулевое положение и направление вращения оси рабочего органа (инструмента) следует параметризовать так, чтобы область охвата его системы координат совпадала с областью охвата базовой системы координат кинематики. Привод в данном случае имеет пневматический захват — силиконовую сильфонную присоску с эффективным диаметром 15 мм. Трипод имеет полностью конфигурируемое системное управление, адаптированное к данному применению, кинематике и требованиям. Стандартизированный локальный шкаф управления обеспечивает предельно лёгкий ввод в эксплуатацию и реализует требуемую концепцию безопасности. Шкаф управления включает в себя контроллер многокоординатного перемещения и контроллеры двигателей, а также обеспечивает безопасный останов в автоматическом режиме.

На рис. 6 представлена рабочая область манипулятора — трипод [3]. Стоит отметить, что данное оборудование применяется не только для изучения кинематики и динамики заданной механической структуры, но и для разработки законов управления для исполнительных механизмов (двигателей).

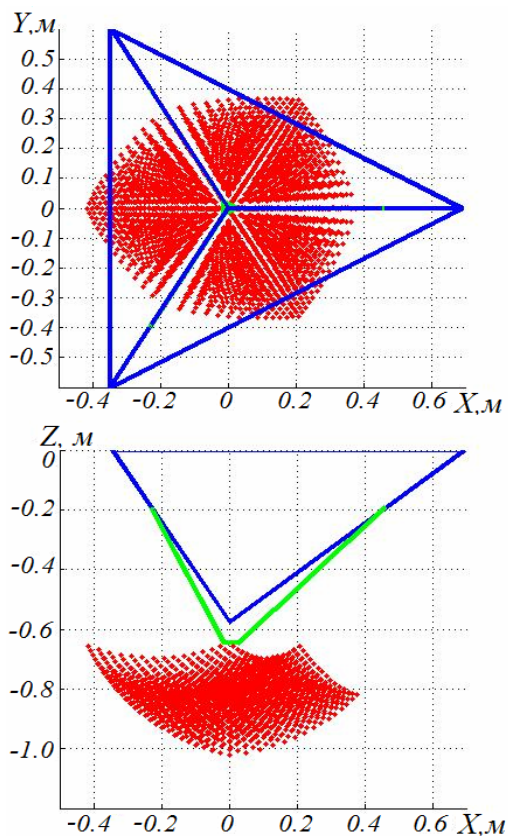


Рис. 6. Область достижимости манипулятора типа «Трипод»

3. МОБИЛЬНЫЙ РОБОТ ROBOTINO

Робот Robotino представляет собой автономное мобильное устройство, способное перемещаться во всех направлениях на плоскости движения с возможностью поворота вокруг своей оси (проходящий через его геометрический центр) на 360° (рис. 7). Всенаправленное движение робота осуществляется за счёт специфического расположения трёх двигателей постоянного тока (оси двигателей располагаются под углом 120° друг к другу) и роликовой системы колес. Управление роботом можно осуществлять дистанционно по каналу беспроводной связи WLAN. Для работы в автономном режиме Robotino оснащён аккумуляторными батареями [6]. Robotino — это робот с открытым программным кодом, что даёт возможность для более детального изучения робота. Данный робот обладает возможностью полностью автономной работы по заданному алгоритму. Таким образом, данное оборудование идеально подходит для изучения алгоритмизации в управлении.

Для работы с данным роботом применяется специализированное программное обеспечение Robotino View. Данное программное обеспечение позволяет изучать работу мобильного робота и создавать алгоритмы управления для него. Для написания алгоритма управления робота возможно применение языка программирования C (СИ). Но стоит отметить, что ПО Robotino View обла-

дает уникальным, так называемым визуальным языком программирования, что полезно при начальном этапе изучения алгоритмов управления.



Рис. 7. Внешний вид Robotino

Особенностью данного робота является реализация его колесной базы («Omnidrive»). Данное оборудование показывает высокую эффективность в обучении программированию за счёт интерактивности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представлены используемые в подразделении ЦП Фесто средства (оборудование, ПО), позволяющие повысить интерактивность и качество процесса обучения. Рассмотрена конструкция робота-манипулятора, для которой в работе выполнено построение виртуальной среды моделирования движения с использованием языка VRML и 3-D модели. Это даёт возможность для интерактивного представления и позволяет оценить характеристики работы модели для последующей их корректировки. Проведено моделирование промышленного манипулятора с использованием программного продукта

Simulink SimMechanics. Полученная модель дала возможность оценить динамические и статические характеристики проектируемого манипулятора. Разработанная модель может быть адаптирована для различных конструкций и параметров системы. Полученные в работе результаты возможно интерпретировать и для решения других схожих задач. Одной из решаемых в работе задач является построение простого, интуитивно понятного графического интерфейса пользователя работы как с приводами системы по отдельности, так и с системой в целом. Продемонстрированы возможности применения для изучения механики и законов управления такого современного промышленного оборудования как манипулятор-трипод, мобильный робот Robotino. Представленное оборудование является гибким инструментом для изучения программирования и алгоритмизации процессов управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ganin P.E., Kobrin A.I., Belousov M.I., Shilin D.V.** Simulation Manipulator Based on Step Motors Festo. DAAAM International Scientific Book, 2015. С. 127—134.
2. **Панкратьева Г.В., Романов Д.Б.** Управление движением захвата робота-манипулятора (трипод) EXPT фирмы Festo // Вестник МЭИ, 2012 г. № 1. С. 23—27.
3. **Шилин Д.В., Грибков А.М.** Математическое моделирование манипулятора типа трипод на базе бесштоковых пневматических приводов // Машиностроение. 2011. № 9. С. 3—10.
4. **Бегун А.С.** Оптимальное прогнозирующее управление движением робота по траектории // Вестник СевНТУ. 2010. № 108. С. 15—22.
5. **Mohamed A. Khamsi, Helmut Knaust.** The Newton-Raphson Method. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sosmath.com>. (Дата: 28.11.15).
6. **Festo Didactic.** Электронный ресурс]. URL: <http://www.festo-didactic.com/ru-ru/4441/robotino/> (Дата: 28.11.15).

M.I. Belousov, P.E. Ganin, A.I. Kobrin, V.G. Moskvina, D.V. Shilin

BelousovMI90@gmail.com; GaninPY@mpei.ru; KobrinAI@yandex.ru;
MoskvinaVG@mpei.ru; DenInfo@mail.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

INTERACTIVE FACILITIES IN TEACHING STUDENTS OF ENGINEERING SPECIALTIES IN FESTO FACULTY OF MPEI

SUMMARY

Presented examples of the application of virtual simulation environment for the training of students of engineering specialties in the Festo department at MPEI. Shown possibility of joint use of computer and modern industrial equipment in the learning process. The developed graphical user interface, providing interactive communication with the model.

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ПРЕПОДАВАНИЯ РЕАКТИВНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

АННОТАЦИЯ

Анализируется опыт обучения студентов основам реактивного программирования с использованием языков программирования Haskell и JavaScript, специализированных библиотек. Проводятся анализ библиотек с точки зрения удобства обучения и сравнение со схожими программами обучения, которые используют другие языки программирования

ВВЕДЕНИЕ

Обучение студентов программированию требует изучения нескольких взаимосвязанных, но отдельных дисциплин:

- алгоритмы и структуры данных;
- архитектура ЭВМ;
- базы данных;
- проектирование программ;
- программирование графических интерфейсов и т.д.

В докладе приводится и систематизируется опыт, полученный авторами при обучении студентов основам так называемого реактивного программирования (РП) — одной из парадигм разработки программного обеспечения, основанной на передаче данных (сигналов) по сети и широко используемой при построении графических интерфейсов пользователя, в том числе при разработке веб-страниц.

Обучение проводилось в системах с открытым исходным кодом и являлось строго факультативным — итоговые отметки студентов не зависели от результатов этих работ. Курс представлял из себя набор лабораторных работ и лекций, группа состояла из студентов второго курса специальности «Прикладная информатика» (код 09.03.03), всего девять добровольцев.

По результатам первого опыта обучения основам РП мы выработали рекомендации, которые приводятся в конце доклада.

1. ПАРАДИГМЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ, РЕАКТИВНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Программирование как род деятельности развивается по принципам, общим для большинства инженерных специальностей:

- с одной стороны, программирование жёстко формализовано, связано спецификой конкретной предметной области и языка программирования;
- с другой — это творческий процесс, требующий не только формально правильного подхода, но и определённой гибкости: написанный

код должен быть не только эффективен и корректен, он должен быть сопровождаем, причём сопровождаемость (т. е. простота внесения правок) зачастую является даже более приоритетным требованием.

Так же, как и в других инженерных специальностях, ответом на это противоречие является некоторый набор подходов к разработке программного обеспечения (парадигм программирования) как общего назначения:

- объектно-ориентированное программирование (ООП);
- функциональное программирование;
- структурное программирование;
- метапрограммирование;

так и специальных парадигм, связанных с конкретными задачами и предметными областями:

- процесс-ориентированное программирование (process-oriented);
- семантическое программирование (semantic);
- программирование, управляемое данными (data-driven).

К таким предметным парадигмам относится и РП.

РП представляет собой подход к написанию программ, который фиксирует связи между сущностями на уровне потоков данных. Любые изменения в какой-либо сущности распространяются до всех связанных с нею сущностей посредством специального вида сети, которая в большинстве реализаций этого подхода скрыта от программиста.

Например, в РП выражение $c = a + b$ понимается как уравнение, т.е. в любой момент времени значение величины c равно сумме соответствующих значений величин a и b .

Сам термин «реактивное программирование» отражает тот факт, что программирование сводится к описанию реакций программных сущностей на поступающие от других сущностей сигналы.

Примерами использования РП являются практически все доступные современные табличные редакторы (Microsoft Excel, OpenOffice Calc, Lotus Sheet). Когда пользователь задаёт связь между ячейками (например, через ссылку в формуле), изменение данных в одной ячейке сразу же приводит к изменению данных в связанных ячейках.

РП часто используется при разработке приложений со сложными пользовательскими интер-

фейсами и при разработке систем, моделирующих сложные физические процессы.

РП может быть:

- статическим (сеть передачи определяется и фиксируется во время компиляции программы) и динамическим (сеть может быть сконфигурирована «налету»);

- последовательным (передача и обработка сигнала узлами сети выполняется последовательно в каком-то предопределённом порядке), параллельным (обработка сигнала распределена между несколькими потоками выполнения/процессами) или ленивым;

- высокого уровня (сигналом может выступать кусок сети обработки) и низкого уровня (сигналом выступают примитивные данные).

2. СТРУКТУРА И ОСОБЕННОСТИ КУРСА

В процессе изучения дисциплины, на базе которой мы проводили обучение РП, мы предлагали студентам решить следующие задачи:

- написать простой табличный редактор, который бы иллюстрировал связь между данными в различных ячейках;

- написать программу, моделирующую поведение тела в поле тяготения под воздействием случайных импульсов;

- написать простую физическую подсистему для игры, подобной кёрлингу.

Сами по себе эти задачи не являются простыми, однако мы заранее подготовили соответствующие визуальные подпрограммы и модули, так что студентам оставалось только реализовать требуемый алгоритм.

Курс включал в себя несколько лабораторных работ, причём по мере усложнения материала все большую часть программы студентам приходилось писать самим. Поскольку курс был факультативным, результат работы студента не влиял на итоговую отметку по дисциплине.

3. ВЫБОР ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ КУРСА

При разработке курса важно было определиться с используемыми технологиями и языками программирования.

Несмотря на то, что основным курсом программирования использовал Delphi как язык, на котором велось обучение, для наших целей он не подходил, так как для Delphi нет библиотек поддержки РП.

К тому же следовало учесть ещё ряд особенностей.

Приведём требования, которыми мы руководствовались при выборе языка программирования для курса:

- выразительность — чем более выразителен язык, тем компактнее, а значит, и понятнее становятся программы;

- большое количество библиотек (кроме библиотек для поддержки РП нам необходимы были и библиотеки для программирования графики, для управления графическим интерфейсом и для численных методов);

- простота освоения;

- наличие сред разработки под ОС Windows (для многих современных языков достаточно трудно получить рабочий дистрибутив, который бы не подразумевал *POSIX*-окружения, к примеру мы были вынуждены отказаться от языка OCaml именно по этой причине);

- удобные средства отладки — отладка занимает значительное время даже у опытных программистов, при изучении же нового материала, особенно в незнакомой доселе области, значение удобных средств отладки трудно переоценить.

Подобным требованиям в различной степени удовлетворяет достаточно большое количество языков, и мы остановились на двух: JavaScript и Haskell. Чем был обусловлен такой выбор?

Эти языки представляют собой две в определённом смысле крайности: Haskell — функциональный статический компилируемый в машинный код язык с ленивым порядком вычислений, JavaScript — императивный динамический интерпретируемый язык, исполняемый виртуальной машиной (как правило, в браузере) с прямым порядком вычислений. Так как студенты могли выбрать язык для выполнения задания, мы могли определить, какой из языков лучше подходит для преподавания РП.

У обоих языков есть как сильные, так и слабые стороны с точки зрения преподавания. Так, для Haskell сильными сторонами являются следующие факторы.

Строгая и продуманная система типов существенно сокращает время отладки и разработки. Автоматическое выведение типов для большинства выражений позволяет отлавливать ошибки и сокращает программы.

Ленивый порядок вычислений сильно упрощает некоторые алгоритмы.

Слабости Haskell проистекают из его же сильных сторон.

Так, строгая статическая типизация зачастую раздражает неопытных программистов своей «назойливостью» — некоторые алгоритмы требуют использования достаточно сложных типов, сигнатуры которых трудны для восприятия.

Ленивый порядок вычислений, упрощая разработку, часто существенно усложняет отладку и приводит к трудноуловимым утечкам памяти — существуют техники, которые позволяют минимизировать урон от таких утечек, но они являются достаточно сложными для начинающих.

Доминирующей парадигмой в Haskell является функциональное программирование, которое,

будучи чрезвычайно полезным при разработке крупных систем, довольно сложно в освоении, так как накладывает ряд ограничений на применяемые алгоритмы (например, запрещается изменение данных).

Теперь перечислим плюсы JavaScript.

Простота самого языка — спецификация JavaScript (ECMAScript 5) является одной из простейших

Прямой порядок вычислений, хоть и не так удобен, как ленивый, существенно удобней в отладке и сопровождении.

Нет необходимости в специализированных средах разработки и компиляторах — большинство современных браузеров обладают так называемой developer console, в которой можно вести всю разработку.

JavaScript поддерживает большинство парадигм программирования — ООП, структурное программирование, функциональное программирование.

Широкое распространение JavaScript'a — студенты чаще выбирали этот язык зная, что сейчас он популярен в мире программирования и его изучение может быть полезно в будущем.

К недостаткам JavaScript можно отнести несколько характерных черт.

Слишком гибкая и динамическая типизация приводит к тому, что многие операции, которые строгая типизация запрещает, в JavaScript'e являются допустимыми и часто усложняют отладку программы. Программист вынужден анализировать все возможные типы значений у каждой переменной.

Отсутствие компилятора приводят к тому, что ошибки можно выявить, только запустив программу.

Большое количество поддерживаемых парадигм требует от программиста большой дисциплины при написании сопровождаемого (в нашем случае — проверяемого) кода.

Стандарт JavaScript не регламентирует разбиение программы на модули, вследствие чего нет какого-либо стандартного соглашения по оформлению блоков кода. Это существенно усложняет интеграцию библиотек, которые могут использовать различные соглашения о структуре программы.

Ситуация усложняется особенностями обработки глобальных переменных в JavaScript'e — объявить или переписать переменную может любая функция в любом модуле.

Несмотря на приведённые недостатки, оба языка показали хорошие результаты по результатам обучения.

4. ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ БИБЛИОТЕКИ

Как для Haskell, так и для JavaScript существует несколько библиотек, реализующих базовый

функционал ПП. Среди рассмотренных нами при выборе библиотек для курса были:

- Sodium (Haskell);
- Grapefruit (Haskell);
- Yampa (Haskell);
- Reactive-banana (Haskell);
- bacon.js (JavaScript);
- Reactivex (JavaScript);
- Flapjax (JavaScript).

В итоге мы остановились на Yampa и bacon.js, по следующим причинам:

- простота — обе библиотеки весьма просты в плане предоставляемой функциональности;

- стабильность — обе библиотеки имеют стабильные версии: на момент проведения курса Yampa еще не достиг версии 1.0.0, но в сообществе пользователей Haskell эта библиотека считается одной из самых стабильных, bacon.js — активно поддерживается и широко используется в промышленных приложениях;

- доступная документация и примеры — у студентов должна быть возможность самостоятельно разобраться в API библиотеки.

Важным качеством, которое мы старались обеспечить при выборе библиотеки, является простота описания связей между сущностями. К примеру, среди заданий, предлагаемых студентам, было следующее:

«Опишите поведение сферы массы m в поле тяготения Земли. Начальная скорость (как вектор) и положение относительно Земли задаются пользователем, при соударении с поверхностью кинетическая энергия сферы сокращается в два раза». Пример реализации данной задачи для Haskell + Yampa (приводится только функция вычисления положения сферы, эталонная реализация из документации к библиотеке):

```
let x = integral dx u
    y = integral dy u
    -- check if the ball is about to cross a border
    bLeft = x < * (constantB (ball_radius-
playfield_size))
    bRight = x > * (constantB (playfield_size-
ball_radius))
    bBottom = y < * (constantB (ball_radius-
playfield_size+paddle_height))
    bTop = y > * (constantB (playfield_size-
ball_radius))
    outside = bLeft || * bRight || * bBottom || * bTop
    -- bounce against border, if allowed
    dx = bounce dx0 dx doHBounce
    dy = bounce dy0 dy doVBounce
```

5. РЕЗУЛЬТАТЫ

По результатам проведения курса можно сделать следующие выводы:

- тема РП интересна студентам, они охотно посещали дополнительные занятия;

- теоретической сложности данная тема не имеет, но требует уверенного знания основ дифференциального и интегрального исчисления: многие связи между сущностями выражаются через интегралы или производные по времени, особенно в задачах о физическом моделировании;

- важно подобрать качественные библиотеки и подготовить все необходимые программные «обвязки» для того, чтобы студентам не приходилось тратить время на отладку несущественного функционала (например, графического вывода);

- очень важным и полезным решением оказалось предоставление студентам выбора используемых технологий, даже если на выбор предоставлялось только два языка/библиотеки: более сильные студенты могли выбрать более сложное, но и более интересное решение для понравившейся задачи, и более простое для менее интересных задач.

Основные сложности, с которыми пришлось столкнуться при проведении курса, были связаны как раз с выбором технологий. С одной стороны, выбранные нами языки и библиотеки являются наиболее широко применяемыми в реактивном программировании технологиями. С другой стороны, Haskell является очень сложным языком для изучения, тем более если приходится изучать его в процессе ознакомления с непривычной предметной областью или подходами к программированию. При обучении в данном конкретном случае эта сложность не была ярко выражена, так как многие студенты уже изучали Haskell на предшествующих дополнительных занятиях, но распространение этого курса на более широкую аудиторию может потребовать пересмотра используемых технологий.

С учётом вышесказанного одним из направлений переработки курса в дальнейшем будет его полный перевод на JavaScript:

- это более распространённый язык программирования;

- по собранной по результатам курса статистике, большая часть заданий была выполнена именно на JavaScript'e;

- в сравнении с Haskell, настройка окружения для JavaScript осуществляется намного проще;

- отладка приложений в Haskell существенно сложнее, чем в JavaScript, что связано с ленивым порядком вычислений и невозможностью использовать некоторые формы отладки, наиболее удобные студентам (например, вывод отладочных сообщений из произвольного места программы).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Преподавание новых подходов к программированию требует выбора правильных технологий.

Эти технологии должны отражать как современное состояние индустрии разработки программного обеспечения, так и быть достаточно простыми в освоении, настройке и отладке.

Опыт, полученный при проведении данного факультативного курса, будет положен в основу при разработке последующих курсов, посвящённых программированию, таких как декларативное программирование и мета-программирование.

Решение использовать при построении курса двух различных языков программирования оказалось продуктивным и позволило не только адаптировать курс под разный уровень подготовки студентов, но и проработать пути дальнейшего развития, как данного курса, так и проектируемых.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Blackheath S., Jones A.** Functional Reactive Programming. Manning Publications, 2016.
2. **Elliott C., Hudak P.** Functional Reactive Animation. ICFP, 1997.
3. **Haskell** 2010 language report / S. Marlow ed. 2010 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.haskell.org/definition/haskell2010.pdf>
4. **Standard ECMA-262** [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ecma-international.org/publications/standards/Ecma-262.htm>
5. **Yampa** [Электронный ресурс]. URL: <https://wiki.haskell.org/Yampa>
6. **bacon.js** [Электронный ресурс]. URL: <https://baconjs.github.io/>

V.G. Bogomolov, V.A. Lemeshev

bogomovg@yandex.ru; lemeshev.victor@gmail.com
Bauman Moscow State Technical University, Moscow

FEATURES OF REACTIVE PROGRAMMING TEACHING

SUMMARY

The report is devoted to peculiarities of teaching reactive programming to students using modern programming languages such as Haskell and JavaScript. An analysis of known libraries and languages is given; their pros and cons are considered. Results of such teaching are also presented.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ МАГИСТРОВ НА ПРИМЕРЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА НАУЧНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА»

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются аспекты применения информационных технологий в учебном процессе подготовки магистров на примере дисциплины «Теория и практика научного эксперимента». Для достижения планируемых результатов учебный процесс основан на компетентностном подходе, который направлен на решение задачи обеспечения современного качества магистерского образования.

ВВЕДЕНИЕ

Сложившийся к настоящему времени уровень глобальной компьютеризации всех сфер человеческой деятельности, в том числе и современного производства, стремящегося к максимальной автоматизации и информатизации, требует от современной высшей школы неуклонного повышения уровня подготовки студентов по информационным технологиям.

На сегодняшний день подготовка магистров осуществляется на основе федерального государственного образовательного стандарта нового поколения, который позволяет реализовывать инновационный подход к проведению учебного процесса.

1. НОРМАТИВНЫЕ ОСНОВЫ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (уровень магистратура) [2] формируются требования к результатам освоения образовательной программы в целом и по отдельным дисциплинам, в частности «Теория и практика научного эксперимента». Выпускник, освоивший программу указанной дисциплины, должен быть готов к решению профессиональных задач и, следовательно, обладать комплексом необходимых профессиональных компетенций.

Для достижения планируемых результатов учебный процесс основан на компетентностном подходе. Разработанная автором программа по дисциплине «Теория и практика научного эксперимента» и электронный учебно-методический комплекс направлены на решение задачи обеспечения современного качества образования на основе сохранения фундаментальности и соответствия актуальным и перспективным потребностям личности и рынка труда.

Требования к результатам освоения дисциплины «Теория и практика научного эксперимента» ориентированы на решение следующих профессиональных задач:

- разработка методики и организация проведения экспериментов и испытаний, анализ их результатов;
- разработка физических и математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере.

Планируемый результат освоения дисциплины проверяется через сформированность следующих компетенций:

- способность к обобщению, анализу, систематизации и прогнозированию;
- способность формулировать цели и задачи исследования, выбирать и создавать критерии оценки;
- способность применять современные методы
- исследования, оценка и представление результатов выполненной работы;
- способность планировать и ставить задачи исследования, интерпретировать и представлять результаты научных исследований.

2. МЕТОДЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПЛАНИРУЕМОГО РЕЗУЛЬТАТА

Технологии и методы обучения должны быть ориентированы на результаты обучения, выраженные в форме компетенций. Поэтому реализация компетентностного подхода должна предусматривать широкое использование в учебном процессе дисциплины «Теория и практика научного эксперимента» активных и интерактивных форм проведения лабораторных и практических занятий в сочетании с внеаудиторной работой студентов.

В данной работе рассматриваются следующие аспекты инновационной деятельности в учебном процессе подготовки магистров по дисциплине «Теория и практика научного эксперимента»: сочетание фундаментального образования с соблюдением требований ФГОС и организации образовательного процесса средствами современных информационно-коммуникационных технологий. Образовательный процесс магистров ориентирован на активное применение мультимедийного обеспечения учебного процесса: презен-

тации, видеоролики, вебинары, прикладное программное обеспечение, электронные библиотеки и электронные образовательные ресурсы. Доступность к указанным ресурсам студентам предоставляется через личный кабинет с сайта университета. Все лабораторно-практические занятия в соответствии с программой дисциплины проводятся с применением MS Excel и пакета Statistica. Statistica соединяет в себе статистические методы обработки опытных данных с новейшими компьютерными технологиями.

Применение видеороликов в учебном процессе позволяет в динамике изучать отдельные задачи. Студент может неоднократно вернуться к материалу для его уточнения, чтобы затем самостоятельно выполнить ту или иную задачу (рис. 1).

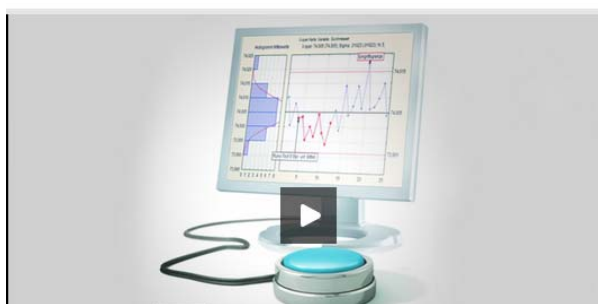


Рис. 1. Фрагмент элемента видеоролика

Использование видеороликов [2], например, по темам: знакомство с программой *STATISTICA*, демонстрация примеров работы в системе; обзор основных возможностей по обработке и представлению результатов эксперимента наглядно демонстрируют практические возможности программы.

На вебинарах студенты имеют возможность общаться с ведущими специалистами посредством интернета в режиме реального времени. В ходе вебинара [3], например, на тему «Прогнозирование при помощи *STATISTICA*» рассмотрены основные методы и подходы к прогнозированию, возможности взаимодействия *STATISTICA* и Excel, способы автоматизации построения прогноза (рис. 2).



Рис. 2. Схема этапов прогнозирования

В направлении использования инновационных технологий в рамках лабораторных занятий студенты знакомятся с возможностями современных программных продуктов, которые применяются как в научных исследованиях, так и при решении инженерных задач. Например, геоинформационная система *Zulu 7* предоставляет большие возможности при расчётах систем теплоснабжения, пароснабжения, а также математической модели тепловой сети и других инженерных расчётов в области теплоэнергетики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Необходимо соблюдать в учебном процессе принцип соответствия образовательного процесса требованиям современных высокотехнологичных производств в области информационных технологий. Следовательно, подготовка магистров должна оперативно перестраиваться, внося изменения в структуру, содержание и образовательные технологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **ФГОС ВО** по направлению 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника». [Электронный ресурс]. URL: <http://fgosvo.ru/130401>
2. **Видеоролики**. [Электронный ресурс]. URL: <http://statsoft.ru/tv/screen-video/>
3. **Вебинар** «Прогнозирование при помощи программы Statistica» [Электронный ресурс]. URL: <http://statsoft.ru/tv/archives/2014/webinar-forecast/>

I.K. Budnikova

ikbudnikova@yandex.ru

«Kazan state energy University», Kazan

INFORMATION TECHNOLOGY IN EDUCATIONAL THE PROCESS OF PREPARATION OF MASTERS ON THE EXAMPLE OF DISCIPLINE «THEORY AND PRACTICE OF A SCIENTIFIC EXPERIMENT»

SUMMARY

Discusses aspects of application of information technologies in educational process training of masters on the example of discipline «Theory and practice of scientific experiment». To achieve the planned results of the educational process based on the competency approach, which aims at addressing the challenges of providing modern quality master's education.

ОНТОЛОГИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ КАК ОСНОВА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

АННОТАЦИЯ

Приводится описание подхода к созданию единой информационной среды на основе онтологического подхода, обеспечивающей семантическое единство образовательного процесса. Показана реализация концепции на примере машиностроительных специальностей.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из актуальных задач, стоящих перед отечественным образованием, является подготовка специалистов, адаптированных к предметной области будущей деятельности и к условиям выполнения своих должностным обязанностей.

Её решение обеспечивает более быстрое начало эффективного выполнения молодыми специалистами своих функций.

Этой цели, на взгляд авторов, может служить создание единой информационной среды (в её терминологическом, предметном, семантическом, проблемном и т.д. аспектах), в рамках которой строятся программы учебных курсов.

1. ОСОБЕННОСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Современное высшее техническое образование не должно сводиться к получению некоторого объёма знаний. В настоящее время накоплено огромное количество информации, представленной в разной форме и на различных носителях.

За короткий срок обучения невозможно, да и не нужно, пытаться освоить весь этот объём, поэтому необходимо выделить и формализовать базовые знания, которые будущий специалист (инженер, бакалавр, магистр) обязан усвоить и на основе которых должен научиться осуществлять целенаправленный поиск и структурирование информации при решении той или иной производственной или научной проблемы. Для этого необходима база знаний (онтология) предметной области.

2. ОНТОЛОГИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ МАШИНОСТРОИТЕЛЯ

Если мы работаем в области машиностроения, то должны учитывать то, что она очень широка и знания о ней содержат дисциплины, содержание и объём которых определяется соответствующими направлением и профилем.

Все дисциплины: гуманитарные, общетехнические, специальные, с одной стороны, тесно связаны между собой; с другой, имеют некоторую независимость, так как у каждой из них есть свои научные теории, своя *логика* и практические работы.

При создании онтологии мы основываемся на научной теории – системе понятий и высказываний предметной области [1]. Существуют понятия, которые являются объектами изучения конкретной дисциплины, где раскрывается их объём и содержание и делаются умозаключения на их основе.

Но в то же время в каждой дисциплине используются понятия, которые для неё являются *внешними*, а точнее, категориальными, так как подробно изучаются в другой дисциплине, там имеют определение и т.д.

Таким образом, все изучаемые понятия связаны между собой и образуют сеть, которая может быть представлена графом: вершины – понятия, дуги – родовидовые связи.

Машиностроение как наука занимается изучением производственных систем, являющихся системами сложными [2] и состоящих из подсистем, которые также делятся на подсистемы. Есть дисциплины, которые изучают подсистемы производственных систем, другие дисциплины изучают связи между подсистемами, т.е. разные дисциплины в соответствии со своими целями изучают один и тот же объект на разных уровнях его структурирования.

С точки зрения теории систем, любая система в области машиностроения может быть представлена в виде графа, вершинами которого являются различные производственные объекты, а дугами — связи *система—элемент*.

Ещё одним важным аспектом теоретических знаний являются так называемые концепты. Дело в том, что основная связь, лежащая в основе всякого знания, состоит не в простой «ассоциации» между объектами, а в «ассимиляции» объектов по определённым схемам-концептам.

В каждой дисциплине, изучающей одну из подсистем производственной системы, имеются свои концепты, знание которых позволяет понять закономерности построения подсистемы, и применять эти знания в инженерной практике. Онтология предметной области машиностроения

должна содержать в себе все основные составляющие, рассмотренные выше.

В основе онтологии лежит терминологическая система рассматриваемой предметной области. Каждый термин представляет некоторое понятие. Всё множество терминов делится на несколько подмножеств исходя из логических и лингвистических принципов. Между всеми терминами устанавливаются связи в соответствии с «внешними» по отношению к терминологической системе концептами: логическими, теории систем и др., и «внутренними», отражающими научные знания рассматриваемой предметной области [3]. Терминологическая система имеет иерархическую структуру, на верхнем уровне которой располагаются термины, обозначающие категориальные понятия, характеризующиеся наиболее высоким уровнем абстракции, на нижнем – термины, обозначающие конкретные объекты машиностроительного производства [4].

Учитывая большое число дисциплин, имеющих в учебном плане, и их различное назначение и роль в подготовке специалиста, профильности выпускника, требуется применение нескольких типов онтологий за весь период обучения. Наиболее общей онтологией, используемой при обучении с первого курса, является онтология терминологических понятий предметной области. Следующей по времени начинает реализовываться онтология объектов предметной области. На последующих этапах подготовки в учебный процесс вводятся онтологии проблем и задач предметной области. Последними реализуются онтологии профиля подготовки выпускника (привязка к конкретному работодателю), и вида профессиональной деятельности.

Рассмотрим несколько примеров. Для бакалавров и магистров направления «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» одним из ключевых является термин «технологическая операция», так как она является основным элементом планирования и учёта при изготовлении изделий. Родовыми по отношению к понятию «технологическая операция» являются термин *операция* и обозначаемое им понятие, суть которого уясняется студентами на начальных этапах обучения. Онтологическая структура понятия *операция* показана на рис. 1.

Далее связи термина «технологическая операция» постепенно уточняются до её видов и содержания, как это показано на рис. 2.

Эти знания вырабатываются у студентов при изучении общепрофессиональных дисциплин (металлорежущие станки, технологические процессы в машиностроении, режущий инструмент и т.д.). В последующем онтологии развиваются до понятия структуры и содержания термина «технологическая операция», что представлено на фрагменте онтологий на рис. 3.

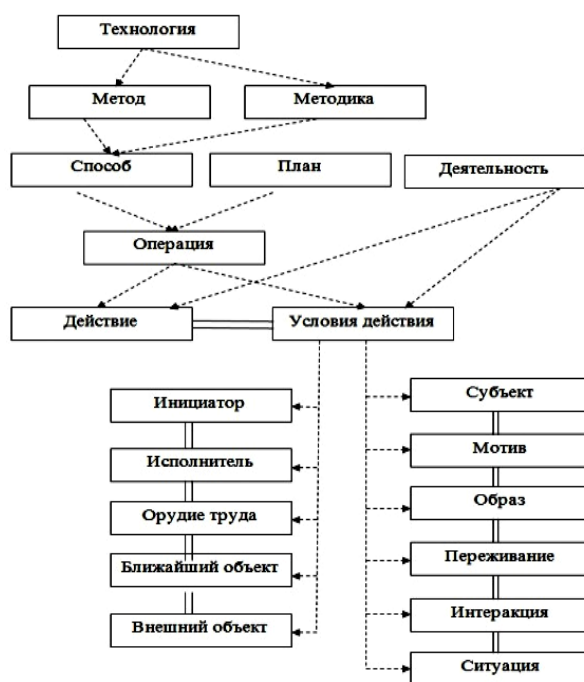


Рис. 1. Структуризация понятия «операция» на начальных курсах



Рис. 2. Фрагмент структурной схемы онтологии, описывающий термин «технологическая операция» и её виды

Понятие, обозначаемое термином «технологическая операция», является видовым по отношению к понятию, обозначаемому термином «операция», а потому и наследует его структуру (рис. 4).

В свою очередь понятие, обозначаемое термином «операция механообработки», является видовым по отношению к понятию «технологическая операция» и родовым по отношению к понятиям «токарная операция», «сверлильная операция» и т.д. и наследует структуру и свойства

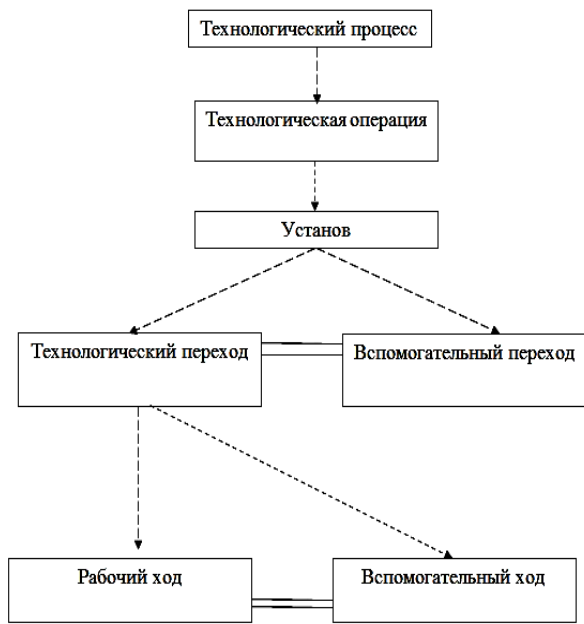


Рис. 3. Структурная схема технологического процесса

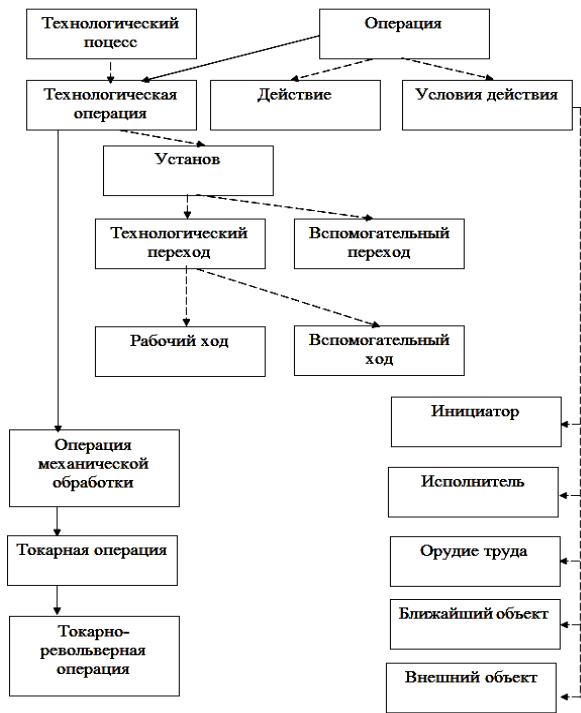


Рис. 4. Развёрнутая структура понятия, обозначаемого термином «технологическая операция»

понятия, обозначаемого термином «операция механической обработки». На основании определения понятий, приведённых выше и входящих в рассматриваемую структуру, объединим фрагменты в единую структуру, уточнив связи между отдельными её элементами (рис. 5). Здесь число в скобках обозначает номер системы.

Далее осуществляется обучение-исследование видов технологических операций (дисциплины «Основы технологии машиностроения» и «Технология машиностроения»). Скажем, изучается понятие, обозначаемое термином «токарная операция». Сначала проводится анализ составляю-



Рис. 5. Структурная схема, описывающая связь между двумя системами, обозначаемыми одним термином «операция механической обработки»

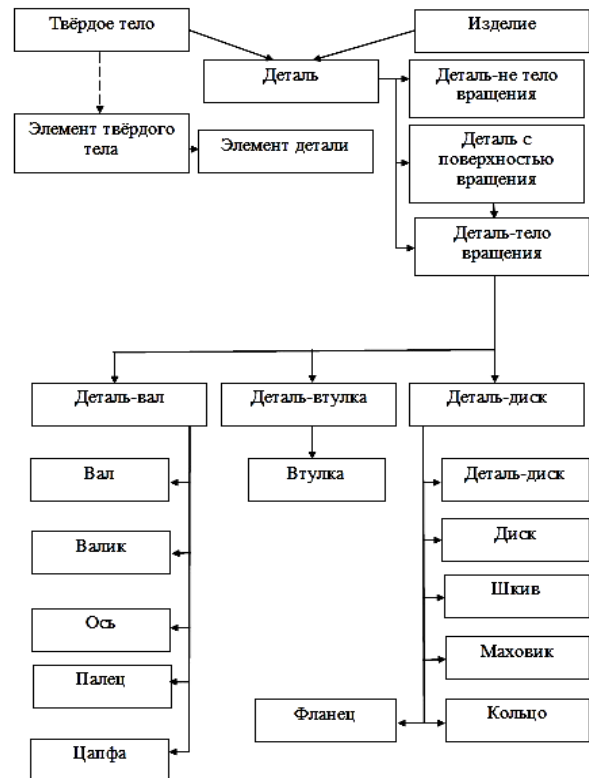


Рис. 6. Фрагмент структуры онтологической системы, описывающий понятие «деталь»

щих системного понятия «Условия осуществления токарной операции» (см. рис. 5). К примеру, деталь является одновременно изделием — целью производства — и твёрдым телом. Как видовое понятие она наследует свойства как первого,

так и второго понятия, т.е. деталь-изделие имеет такие свойства, как программа выпуска, надёжность, точность и др., а деталь-твёрдое тело – геометрические и физические свойства (рис. 6). Таким образом, постепенно, по мере изучения-исследования онтологий, у студента вырабатываются знания структур основных подсистем производственной машиностроительной системы и связей между ними (рис. 7).

Для реализации онтологического подхода при реальном проектировании технических систем (на последних этапах обучения) в информационных системах создаются две независимые друг от друга подсистемы: непосредственно сама база знаний (данных) и комплекс программ, предназначенный для обработки знаний (данных).

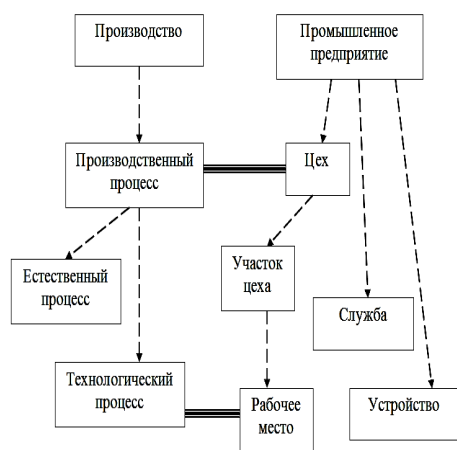


Рис. 7. Фрагмент производственной системы, показанный в соответствии с правилами построения терминологической системы

Независимость этих двух подсистем предполагает лишь то, что система обработки знаний может представлять собой набор модулей, создаваемых разными программистами в соответствии с задачами, поставленными перед ними специалистами, работающими в предметной области. Их деление необходимо, чтобы воспользоваться математическим аппаратом формальной логики. База знаний, построенная на основе онтологии предметной области, должна являться той интегрирующей основой, на которой осуществляется взаимосвязь всех этапов учебного и производственного процесса [4].

G.B. Burdo, E.V. Poletaeva

gbtms@yandex.ru

Tver state technical University, Tver, Russia

REPORT DOMAIN ONTOLOGY AS A BASIS OF INFORMATION SUPPORT OF ENGINEERING EDUCATION

SUMMARY

The report describes the approach to creating a unified information environment based on the ontological approach of the semantic unity of the educational process. Shows the implementation of the concept on the example of machine-building specialties.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленное построение онтологии предметной области и использование ее в учебном процессе позволяет:

в каждой дисциплине выделить термины, обозначающие основные понятия, так называемые *опорные точки* гуманитарных, общепрофессиональных и специальных дисциплин, знание которых обязательно, и определяет минимальный объём знаний, необходимый студенту для формирования у него целостного восприятия изучаемой области знаний;

научить студента структурировать получаемую информацию в практической работе, выделять концептуальную составляющую, проводить грамотный анализ и синтез;

создавать автоматизированную информационную систему, привлекать студентов к исследовательской работе и разработке отдельных подсистем;

выделять отдельные модули в дисциплинах на основании концептуальных компонентов онтологии, являющихся подсистемами по отношению к дисциплине, если её содержание рассматривать как систему знаний, обеспечить смысловое и логическое единство учебного процесса;

на более ранних стадиях обучения вводить студента в суть будущей профессии, сократить сроки адаптации выпускника к профессиональной (производственной, научной) среде;

целенаправленно готовить выпускников к работе на конкретном предприятии в рамках целевых договоров;

целенаправленно проводить текущий контроль знаний студентов, создавать тесты, проверять остаточные знания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ивлев Ю.В.** Логика. М.: Наука, 1994.
2. **Острейковский В.А.** Теория систем. М.: Высшая школа, 1997.
3. **Полетаева Е.В.** Терминологическая система как основа базы знаний в машиностроении // Перспективы развития Волжского региона: Материалы Всероссийской заочной конференции. Вып. 7. Тверь: ООО «Бу-квица», 2005. С. 49—50.
4. **Полетаева Е.В.** Построение информационной системы машиностроительного производства на базе предметной онтологии: Монография. Тверь: Изд-во Тверского государственного технического университета, 2015.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена формированию компьютерного информационно-обучающего комплекса для дисциплин инженерно-технического блока. Приведены результаты информатизации и автоматизации отдельных этапов образовательного процесса. Иерархическая структура комплекса обеспечивает взаимосвязь дисциплин и внутреннюю интеграцию программных модулей в учебном процессе.

ВВЕДЕНИЕ

Происходящие социальные, экономические, технологические изменения в мире и бурное развитие информационных технологий требуют внедрения современных компьютерных технологий и в образовательный процесс. В традиционных методах преподавания должны использоваться достижения информационных технологий. Образовательные услуги должны видоизменяться, и традиционные методы необходимо сочетать с

формами дистанционного обучения, с использованием необходимого и профессионально подобранного материала по изучаемой дисциплине в виде электронного ресурса — с обеспечением интерактивного взаимодействия с информационными объектами. Благодаря ИТ технологиям информационное пространство расширяется: обучающийся за определённое время может получить больший объём информации.

1. СТРУКТУРА КОМПЬЮТЕРНОГО КОМПЛЕКСА

Структура компьютерного комплекса представлена на рис. 1. Каждый блок общеобразовательных, общепрофессиональных и специальных дисциплин должен содержать информатизационную оболочку, включающую идеологически выстроенную цепочку модулей.



Рис. 1. Технологическая схема реализации программного комплекса

Для каждой дисциплины должно быть разработано программное обеспечение, содержащее электронный образовательный ресурс, расчетно-обучающее ПО по зачетной работе (курсовой проект, контрольная работа, РГР) и мультимедийный контент. Программные модули должны

выстраиваться таким образом, чтобы соблюдалась иерархическое взаимодействие между дисциплинами. Технологическая схема реализации такого комплекса показана на рис. 1 и 2. В программных модулях обеспечена максимальная визуализация при взаимодействии с информацион-

ными объектами. Информационные объекты представляются в различных форматах фото, видео и 3D. Разрабатываемые модули компьютерного комплекса используется в курсовом проектировании, научных исследованиях, проведении практических и лабораторных занятий, самостоятельной работе студентов.

2. ОСНОВНЫЕ МОДУЛИ КОМПЬЮТЕРНОГО КОМПЛЕКСА

Основные программные модули компьютерного комплекса – это «РОТОР», «ТРАНСФОРМАТОР», «ЭЛЕКТРА», ВЫЯВЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ ТЕЛЕЖЕК ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ», «ВРЕМЯ ПТО», «МОДУЛЬ ИДЕНТИФИКАЦИИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ».

Программный комплекс «ЭЛЕКТРА» — это логическое завершение программного обеспечения по электрическим машинам и трансформаторам. Сюда входят ПО РОТОР, ТРАНСФОРМАТОР, ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ МАШИНАМ, ПОИСКОВЫЙ МОДУЛЬ, ТЕСТОВЫЙ МОДУЛЬ, МЕДИАФАЙЛЫ, 3D модели узлов электрических машин.

В программе ЭЛЕКТРА содержатся обучающие видеофайлы по принципу действия и устройству всех типов электрических машин постоянного и переменного тока и трансформаторов.

В ПО «ЭЛЕКТРА» (рис. 2) содержатся тестовый модуль и электронный образовательный ресурс по электрическим машинам.

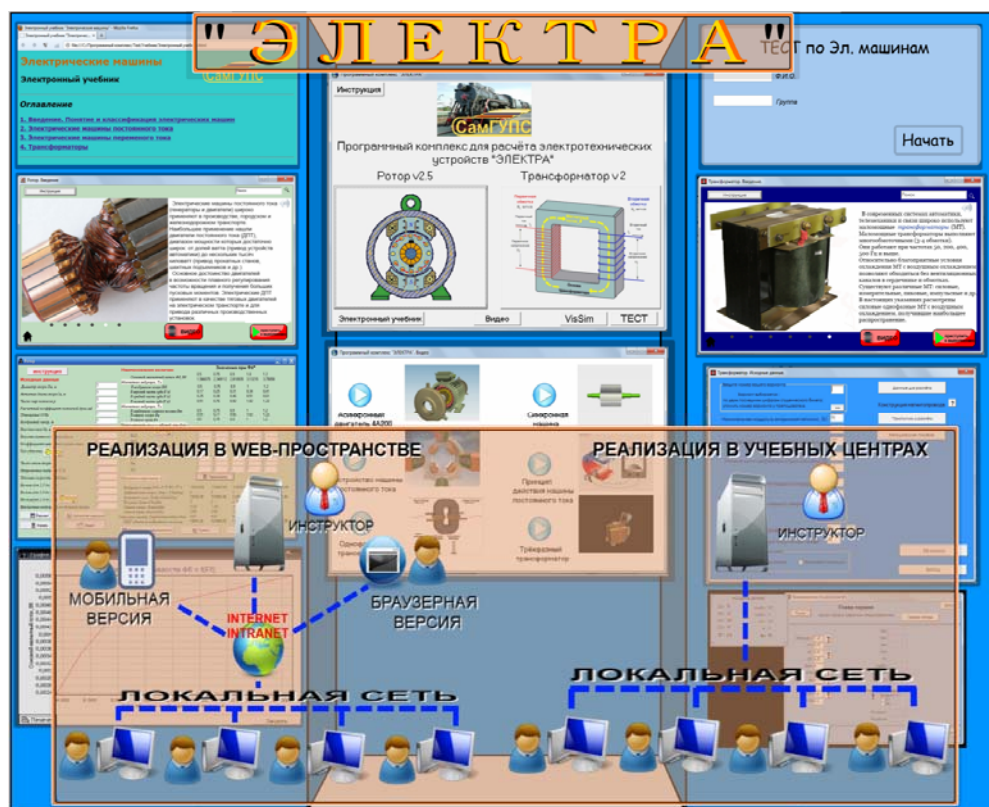


Рис. 2. Технологическая схема использования ПО «ЭЛЕКТРА»

Программа «РОТОР» (рис. 3) посвящена одному из разделов курса «Электрические машины» — расчёту магнитной цепи машины постоянного тока. В программе реализован алгоритм расчёта и построения графика магнитных характеристик. Чтобы избежать автоматического использования программы, ПО «РОТОР» снабжена справочными таблицами, графиками и кнопками «КЛЮЧ», которые выполняют функции подсказки и обеспечивают диалоговый режим взаимодействия. На главном интерфейсе, помимо окон для ввода исходных данных и окон с результатами расчёта, размещены кнопки с видеофайлами и теоретическим материалом, с которым студент может ознакомиться в автономном режиме или

непосредственно работая с программой. Видеофайлы содержат материал по принципу действия машин постоянного тока.

В ПО «Трансформатор» (рис. 4) реализован типовой алгоритм расчёта однофазного мало-мощного трансформатора.

Алгоритм сформирован таким образом, что заставляет студента обращаться к теоретическому материалу и вникать в расчёт. В программе предусмотрен модуль с видеофайлами, поясняющими устройство и принцип действия трансформатора, тестовый модуль и модуль-база с трансформаторами различных типов. В ПО также реализована процедура поиска по терминам.

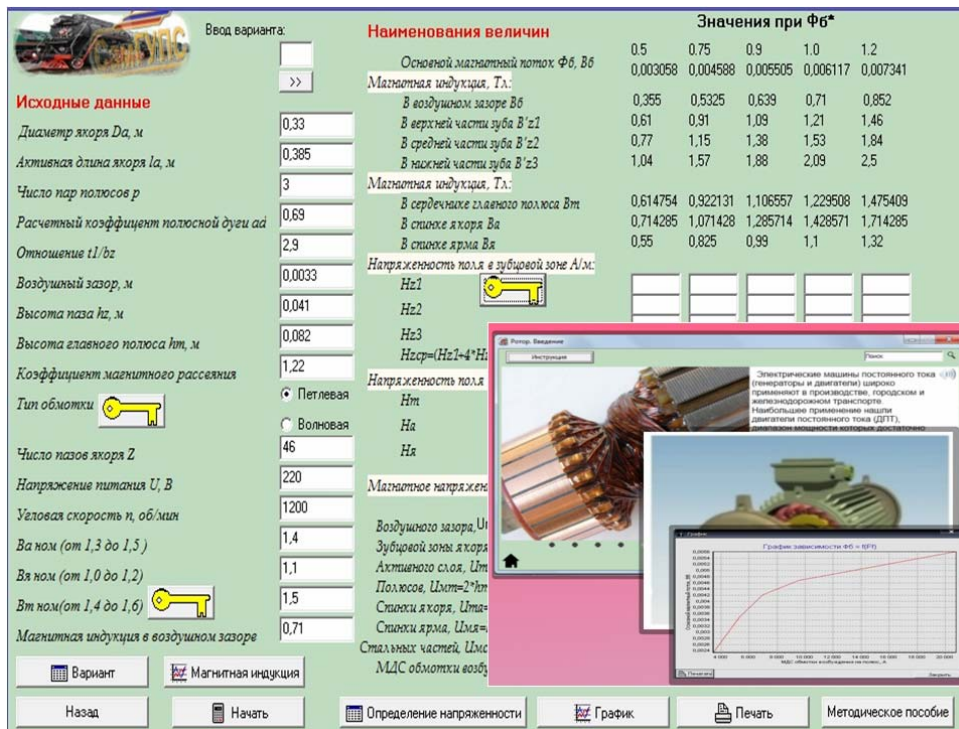


Рис. 3. Рабочий интерфейс ПО «РОТОР»



Рис. 4. Структура ПО «Трансформатор»

Помимо разработки программного обеспечения по общетехническим дисциплинам создаются программные работы по специальным дисциплинам: «ТРЕНАЖЁР ОСМОТРИКА/РЕМОНТНИКА ВАГОНОВ» «ВЫЯВЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ ТЕЛЕЖЕК ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ», «ВРЕМЯ ПТО».

На железнодорожном транспорте при выявлении дефектов и неисправности большую роль играет первичный визуальный осмотр. Для изучения узлов деталей дефектов существуют специальные полигоны, но на полигонах невозможно разместить большое количество оборудования [3].



Рис. 5. Интерфейс ПО «Выявление дефектов литых деталей тележек грузовых вагонов»

Электронный ресурс по дефектам литых деталей, выявляемых в процессе осмотра, окажет несомненную помощь вагонникам, операторам и ремонтникам при обучении. В программе содержится база возникающих при эксплуатации дефектов и неисправностей. Эта база используется в тестах обучающей программы при распознавании дефекта (рис. 5).

Осмотрщик вагонов снабжён специальными инструментами-шаблонами, с помощью которых он должен выявлять эксплуатационную пригодность оборудования. Программа демонстрирует процедуру пользования этими шаблонами в интерактивном режиме. Интерактивное взаимодействие с исследуемыми узлами и деталями позволяет более подробно изучить устройство и работу отдельных узлов и агрегатов вагонов (рис. 6).

В данном модуле содержится база мультимедийных файлов с дефектами и неисправностями литых деталей тележек грузовых вагонов. Данные этой базы регулярно пополняются из реальных отчетов. Полученная библиотека позволяет студентам изучать детали и дефекты в режиме, максимально приближенном к реальным условиям. Совокупность дефектов и неисправностей классифицируется определённым образом, кодируется с помощью программы в среде Access [1]. Полученные временные ряды можно использовать для моделирования производственных процессов (проведение идентификации). Эти модели могут быть использованы при построении краткосрочных или долгосрочных прогнозов, имитировать производственные ситуации, проводить тренинговые мероприятия с персоналом.

При отправлении подвижного состава в ПТО (пункт технического осмотра) необходимо провести осмотр состава, выявить неисправности, провести демонтаж оборудования и выполнить

необходимые ремонт. Все эти операции регламентируются по времени технологическими картами ОАО «РЖД». Существует нормативное время на выполнение тех или иных операций и фактически затраченное время. Расчёты трудозатрат осуществляются по фактически затраченному времени. Процесс расчёта времени и введение его в АСУ осуществлялся вручную. Программа позволяет автоматизировать этот процесс и устранить потери времени. Интерфейс программы «Время ПТО» показан на рис. 7.

Расчёт осуществляется в модулях «Парк прибытия», «Транзит без гарантии», «Парк отправления», «Транзит с гарантией». В этом ПО предусмотрен тестовый модуль и накопительная база формирования временных рядов по затраченному времени на выполнение операций.

Статистика собирается для анализа выполненных операций на подвижном составе, чтобы более точно выявлять срок замены оборудования и предупреждения аварийных ситуаций, оптимизировать монтажные и ремонтные процессы. Эта информация формируется в базах данных и может использоваться как для проведения анализа осмотровых и ремонтных работ, так и в процессе идентификации временного ряда с целью получения модели процесса. Эта информация может быть использована в системе управления производством и в процедурах построения прогнозных значений изменения временного ряда, что позволит принимать адекватные управленческие решения по формированию материальных ресурсов.

На основе программы баз данных Access была выстроена таблица для выбора элементов подвижного состава, подлежащего ремонту, и кодировки изображения выбранного элемента в код Access и занесения в базу [1, 2].



Интерфейс неисправности со звуковым эффектом

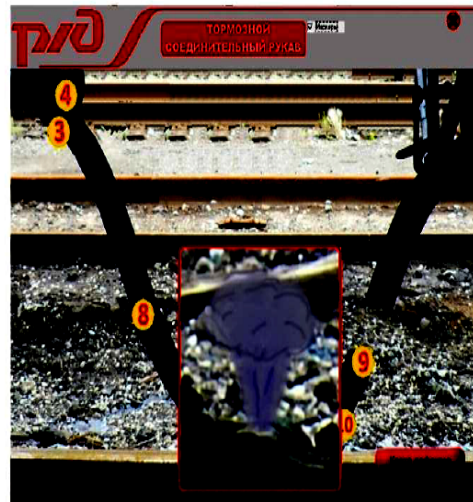


Рис. 6. Интерфейс «Тренажёр осмотра/ ремонтника вагонов»

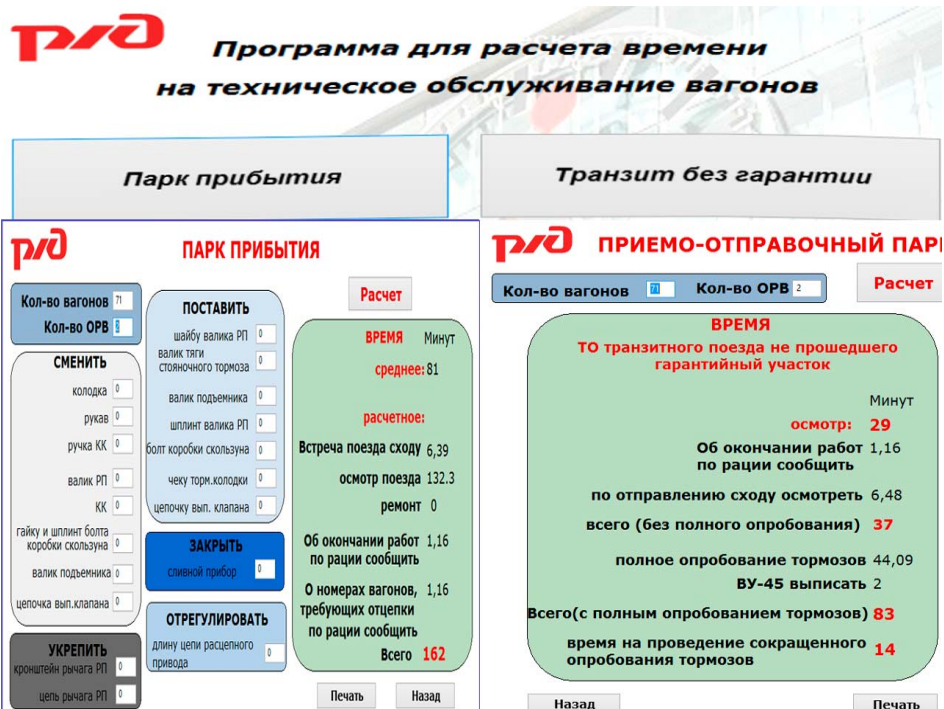


Рис. 7. Интерфейс ПО «Расчёт времени на техническое обслуживание вагонов»

В программный комплекс обучающих программ по специальным дисциплинам встроен блок идентификации временных рядов (рис. 8). Базы по моделированию производственных процессов регулярно обновляются и накапливаются, обновляются базы по возникающим дефектам и неисправностям. Эти данные позволяют сформировать временной ряд и с помощью специальной процедуры идентификации построить модель этого ряда. Известно, что временной ряд генерируется линейным формирующим фильтром при подаче на его вход сигнала типа белый шум.

Следовательно, чтобы провести идентификацию временного ряда, необходимо определить

структуру и параметры передаточной функции формирующего фильтра. На временной ряд накладываются ограничения по стационарности — временной ряд должен обладать квазистационарными свойствами, т.е. параметры формирующего фильтра не меняются. По полученной модели формирующего фильтра можно строить оценки прогнозных значений временного ряда (в дисциплинах по моделированию в производственных процессах, проектирование депо). Достоверные результаты прогнозирования обеспечивают принятие правильных управленческих решений по формированию энергоресурсов, материальных и технических ресурсов.

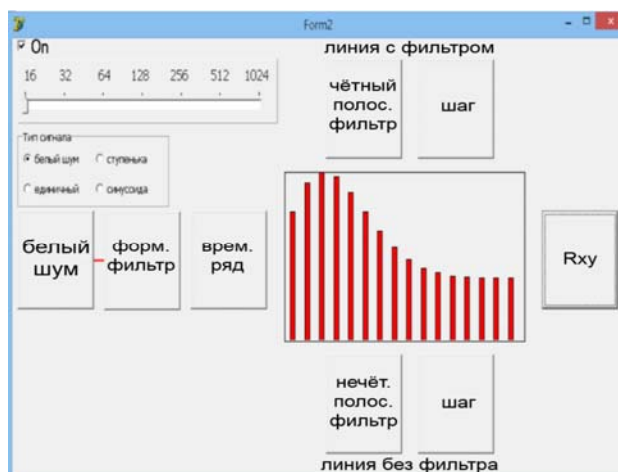


Рис. 8. Модуль идентификации

В результате проведения процедуры идентификации формирующего фильтра получаем оценки параметров передаточной функции звена (метод Буштрука А.Д.). Наличие передаточной функции формирующего фильтра позволяет получать будущие значения ряда, т.е. осуществлять прогноз. По полученным прогнозным значениям временного ряда исследуемого технологического процесса можно проводить тренинговые занятия по построению планов, заказов материальных ресурсов, например запасные части, горюче-смазочные материалы и т.д. По полученным данным можно проводить обучение по составлению смет на оборудование, определению стоимости. Эти процедуры приближают учащегося к реальным производственным условиям и позволяют получить необходимые практические навыки.

Достоверность полученной модели обеспечивается адаптацией измерительно-вычислительной системы. Полученные модели можно использовать в системах управления, построения прогнозов, тренингах персонала.

Аппарат идентификации временных рядов может быть использован в большинстве дисциплин для обработки результатов измерений, статистической информации, построения моделей процессов, формировании прогнозов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Информатизация образовательного процесса обусловливается стремительной динамикой развития информационных технологий, усложнением и возрастающим объемом новых знаний.

Таким образом, разработанное программное обеспечение может использоваться и используется в нескольких дисциплинах общетехнического профиля и профессионального цикла. Программное обеспечение активно используется студентами в самостоятельной работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буштрук Т.Н., Царыгин М.В., Кленюшин Д.С. Программа для кодирования, анализа, редактирования, просмотра и внесения мультимедийных файлов в БД MS Access / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 20146177734, 31 июля 2014 г.
2. Буштрук Т.Н., Царыгин М.В., Кленюшин Д.С. Программа для кодирования, анализа, редактирования, просмотра и внесения текстовой информации в БД MS Access / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014618299, 14 августа 2014 г.
3. Буштрук Т.Н., Царыгин М.В., Буштрук А.А. Компьютерный обучающий комплекс для персонала предприятий вагонного хозяйства с мультимедийными базами данных // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Самара: 2014. Т. 16. № 4. С. 465—470.

T.N. Bushtruk, M.V. Zaitsev, A.A. Bushtruk

rectorat@samgups.ru; maxboyzaitsev1@yandex.ru; btmsam@mail.ru
Samara State University of Transport (SSUT), Samara

USING IT IN EDUCATIONAL PROCESS

SUMMARY

There are devoted aspects of creating computer study complex for engineering education. The paper describes results of programming, informatization, function of this educational complex. The complex has a hierarchic structure.

ИНФОРМАТИЗАЦИЯ КАК НЕОТЪЕМЛЕМЫЙ КОМПОНЕНТ КОНКУРСНОГО ОТБОРА АБИТУРИЕНТОВ ПРИЁМНОЙ КОМИССИЕЙ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён рассмотрению подсистемы зачисления абитуриентов и создания приказов о зачислении в студенты в информационной системе Приёмной комиссии национального исследовательского университета «МЭИ» (НИУ «МЭИ»). Описываются основные возможности подсистемы.

ВВЕДЕНИЕ

Приём абитуриентов в высшее учебное заведение является сложной и многогранной задачей. Одной из центральных составляющих в её решении является социальный аспект, который заключается в доступности, обеспечении равных возможностей для граждан в получении образования независимо от места их проживания, социального статуса, уровня доходов. С другой стороны, высшему учебному заведению необходимо отобрать из числа таких желающих абитуриентов, которые способны овладеть необходимым объёмом знаний, развить потребность к самостоятельному получению новых общих и профессиональных знаний и умений.

Не менее важно, чтобы первые правовые отношения поступающего и высшего учебного заведения, которое представляет Приёмная комиссия, происходили в комфортной обстановке в духе взаимного уважения. Одним из самых волнительных элементов этого взаимодействия как для абитуриентов и их родителей, так и членов Приёмной комиссии является этап конкурсного отбора и издания приказов о зачислении в студенты.

Для выполнения описанных процедур Приёмной комиссией НИУ «МЭИ» была разработана подсистема зачисления и работы с приказами Информационной системы Приёмной комиссии. В качестве среды реализации использована связка – Apache, MySQL, PHP [3–5].

1. КОНКУРСНЫЙ ОТБОР

Нормативные документы [1, 2] строго регламентируют порядок проведения конкурсного отбора и зачисления абитуриентов в студенты. Они требуют ранжирования поступающих по ряду существенных признаков в каждой конкурсной группе. Основным условием ранжирования является сумма конкурсных баллов абитуриента. Важно отметить, что для разных конкурсных групп конкурсные баллы могут определяться различными наборами вступительных испытаний

[2]. Каждый абитуриент в рамках одного вуза может подать заявления на несколько конкурсных групп, покрывающих до трёх направлений подготовки и специальностей. Это приводит к тому, что отдельные выпускники школ заявляют о желании участвовать в конкурсе в десятке конкурсных групп. В результате в 2015 году в НИУ «МЭИ» почти 9000 абитуриентов подали более 26 000 заявлений на различные направления подготовки бакалавриата и специалитет.

Конкурсный отбор и зачисление проводятся в несколько этапов. Документы [1, 2] определяют жёсткие временные рамки на каждом этапе зачисления. Так, в 2015 году после окончания приёма заявлений поступающих на проведение конкурсного отбора по всем конкурсным группам и издание приказов о зачислении в студенты на первом этапе отводилось не более 48 часов. Таким образом, применение информационной системы и автоматизация процесса конкурсного отбора и зачисления являются жизненно важными для успешной работы Приёмной комиссии.

На этапе конкурсного отбора, на каждом этапе зачисления Информационная система Приёмной комиссии позволяет:

- строить ранжированные списки поступающих по каждой конкурсной группе;
- создавать проект зачисления в соответствии с приоритетами поступающих и требованиями порядка приёма и правил приёма [1,2];
- создавать проект распределения мест в общежитии среди абитуриентов, включённых в проект зачисления и нуждающихся в общежитии.

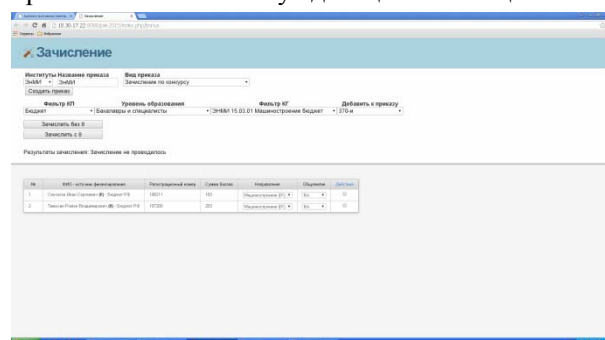


Рис. 1. Вид страницы зачисления

Информационная система Приёмной комиссии имеет представленный на рис. 1 веб-интерфейс для проведения зачисления.

Ранжирование поступающих с учётом преимущественного права, осуществляется по следующим признакам:

- убыванию суммы конкурсных баллов;
- убыванию суммы конкурсных баллов, численных по результатам вступительных испытаний;
- убыванию количества баллов, начисленных по результатам отдельных вступительных испытаний, в соответствии с приоритетностью вступительных испытаний.

После ранжирования алгоритм зачисления анализирует количество вакантных мест, выделенных для каждой конкурсной группы, отбирает заявления в соответствии с приоритетом конкурсной группы, указанной абитуриентом, и заполняет выделенные места. Работа заканчивается при исчерпании выделенных мест или отсутствии имеющих право на зачисление абитуриентов.

2. ИЗДАНИЕ ПРИКАЗОВ

Зачисление абитуриентов оформляется приказами в соответствии с правилами делопроизводства НИУ «МЭИ».

№ п/п	Полное наименование	Дата издания приказа	Действие
1	Васильев	2015-08-26	Приказ
2	Васильев	2015-08-26	Приказ
3	Васильев	2015-08-26	Приказ
4	Васильев	2015-08-26	Приказ
5	Васильев	2015-08-26	Приказ
6	Васильев	2015-08-26	Приказ
7	Васильев	2015-08-26	Приказ
8	Васильев	2015-08-26	Приказ
9	Васильев	2015-08-26	Приказ
10	Васильев	2015-08-26	Приказ
11	Васильев	2015-08-26	Приказ
12	Васильев	2015-08-26	Приказ
13	Васильев	2015-08-26	Приказ
14	Васильев	2015-08-26	Приказ
15	Васильев	2015-08-26	Приказ
16	Васильев	2015-08-26	Приказ
17	Васильев	2015-08-26	Приказ
18	Васильев	2015-08-26	Приказ
19	Васильев	2015-08-26	Приказ
20	Васильев	2015-08-26	Приказ

Рис. 2. Вид страницы приказов

Информационная система Приёмной комиссии имеет представленный на рис. 2 веб-интерфейс для работы с приказами. Кроме создания основных приказов о зачислении, она позволяет:

- вносить изменения в проекты приказов (веб-интерфейс представлен на рис. 3);
- создавать и изменять приказы об исключении из списка зачисленных;
- утверждать приказы;

- запускать процедуру создания печатной формы приказа в формате pdf;
- запускать процедуру создания пакета справок о зачислении в формате pdf.

№ п/п	Полное наименование	Дата издания приказа	Действие
1	Васильев	2015-08-26	Приказ
2	Васильев	2015-08-26	Приказ
3	Васильев	2015-08-26	Приказ
4	Васильев	2015-08-26	Приказ
5	Васильев	2015-08-26	Приказ
6	Васильев	2015-08-26	Приказ
7	Васильев	2015-08-26	Приказ
8	Васильев	2015-08-26	Приказ
9	Васильев	2015-08-26	Приказ
10	Васильев	2015-08-26	Приказ
11	Васильев	2015-08-26	Приказ
12	Васильев	2015-08-26	Приказ
13	Васильев	2015-08-26	Приказ
14	Васильев	2015-08-26	Приказ
15	Васильев	2015-08-26	Приказ
16	Васильев	2015-08-26	Приказ
17	Васильев	2015-08-26	Приказ
18	Васильев	2015-08-26	Приказ
19	Васильев	2015-08-26	Приказ
20	Васильев	2015-08-26	Приказ

Рис. 3. Вид страницы приказа

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Информационная система Приёмной комиссии НИУ «МЭИ» обеспечивает высокую производительность при работе с большим количеством абитуриентов. Она является динамично развивающейся системой. По мере возникновения новых задач доступна её оперативная модернизация.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 июля 2014 г. № 839 «О порядке приёма на обучение по образовательным программам высшего образования — программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры на 2015/16 учебный год». [Электронный ресурс]. URL: <http://priem.edu.ru/Document.aspx?id=292287425279>.
2. Правила приёма в Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» на обучение по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры по очной, очно-заочной, заочной формам в 2015 году. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pkmpei.ru/info/rulesfirst.html>.
3. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.php.net>.
4. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.apache.org>.
5. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mysql.com>.
6. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tcpdf.org>

A.A. Vaskovsky, D.V. Vershinin, R.I. Polyak, N.Y. Frolov

VaskovskyAA@mpei.ru; VershininDV@mpei.ru; PoliakRI@mpei.ru; FrolovNY@mpei.ru
National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

INFORMATIZATION AS AN INTEGRAL COMPONENT COMPETITIVE SELECTION OF APPLICANTS ADMISSIONS COMMITTEE

SUMMARY

The report is devoted to the subsystem enrollment applicants and orders the creation of their students enrolling in the information system of the selection committee of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute». It describes the main features of the subsystem.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ФЕДЕРАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ И ПРИЁМА

АННОТАЦИЯ

В докладе рассматривается взаимодействие информационной системы Приёмной комиссии Национального исследовательского университета «МЭИ» (НИУ «МЭИ») и федеральной информационной системы государственной итоговой аттестации и приёма. Описана схема взаимодействия, приведены основные проблемы, возникающие при работе с системой.

ВВЕДЕНИЕ

Приём граждан в вузы регламентируется официальными документами и нормативными правовыми актами. Начиная с 2013 года вся информация о поступающих должна передаваться в единую федеральную информационную систему государственной итоговой аттестации и приёма (ФИС ГИА и приёма) [1]. Федеральная информационная система реализована в среде IIS, ASP.NET, Microsoft SQL Server.

Большинство высших учебных заведений имеет собственную информационную систему Приёмной комиссии (ИСПК). Необходимо организовать взаимодействие такой информационной системы с ФИС ГИА и приёма.

1. СЕРВИС АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ФИС ГИА

Регламентирующими документами [2] установлены три возможные схемы подключения к ФИС ГИА и приёма. В НИУ «МЭИ» в рамках ежегодной приёмной кампании происходит передача информации о более чем 10 000 абитуриентов и почти 30 000 их заявлений. В связи с этим необходима их автоматизированная обработка. В НИУ «МЭИ» была выбрана схема защищённого взаимодействия № 3 из доступных для реализации вариантов [2].

Для автоматизированного взаимодействия с учебными заведениями разработчиками ФИС ГИА и приёма был разработан специальный сервис автоматизированного взаимодействия, основанный на передаче XML-пакетов от клиентов к серверу и обратно. Состав сервиса описан в [3].

Для работы с ФИС ГИА и приёма требуется наличие следующих минимальных требований: операционная система Windows XP SP3, .Net Framework 4.0; Браузеры: IE 8.0, Chrome 42 и выше.

Указанный сервис взаимодействия предлагает различные методы, в частности:

- запрос справочников;

- импорт данных;
- удаление данных.

Наиболее трудоёмкой задачей является реализация метода импорта данных, который включает следующие укрупненные пакеты:

- блок авторизации;
- информацию о приёмной кампании;
- сведения о структуре приёма;
- индивидуальные достижения, учитываемые в НИУ «МЭИ»;
- заявления поступающих;
- списки заявлений поступающих, включённых в приказ.

Сервис автоматизированного взаимодействия совершенствуется по итогам каждой приёмной кампании, как следствие, форматы данных, на которых основано взаимодействие, от года к году изменяются. Так, в 2015 году форматы данных [3] были опубликованы менее чем за месяц до начала приёмной кампании. Некоторые спецификации формата уточнялись уже в ходе приёмной кампании.

Общая схема обмена данными между Информационной системой Приёмной комиссии НИУ «МЭИ» и ФИС ГИА и приёма выглядит следующим образом:

- 1) проводится выгрузка данных из базы данных ИСПК, перекодирование данных при различии справочников в ИСПК и ФИС ГИА и приёма;
- 2) файл записывается на аттестованный источник информации и переносится на аттестованное автоматизированное рабочее место;
- 3) на аттестованном автоматизированном рабочем месте вызывается сервис автоматизированного взаимодействия;
- 4) через закрытую сеть возвращается результат обработки пакета;
- 5) при необходимости результат обработки импортируется в информационную систему Приёмной комиссии.

2. ПРОВЕРКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЕГЭ

Ещё одним важным элементом взаимодействия Информационной системы Приёмной комиссии и ФИС ГИА и приёма является получение результатов единого государственного экзамена (ЕГЭ) по общеобразовательным предметам.

Для этого существует две возможности: интерактивное и пакетное получение результатов проверки. Интерактивное взаимодействие удобно для проверки результатов ЕГЭ отдельных поступающих и не применимо с учётом объёмов обрабатываемых Приёмной комиссией НИУ «МЭИ» данных. В 2015 г. за три дня до начала приёмной кампании был введён в работу новый формат взаимодействия [4] для пакетного получения результатов. Исходными для автоматизированного поиска являются данные в формате csv (фамилия, имя, отчество, паспортные данные). Результирующий csv-файл – файл найденных и ненайденных поступающих.

При использовании пакетного взаимодействия возникают следующие проблемы:

- менялись паспортные данные после ввода информации о баллах вступительных испытаний;
- введены ошибочные данные в ИСПК;
- особенности паспортных данных иностранных граждан (зарегистрированы на латинице, нет отчества и т.д.)
- введены неполные данные (не введены данные из регионов).

Данные проблемы не могут быть решены автоматически, для их решения предусмотрена обработка в «ручном режиме».

После получения данных Информационной системой Приёмной комиссии выполняется их сверка, в отдельных случаях требуется привлечение сотрудника Приёмной комиссии. После сверки данных для всех зачисляемых поступающих необходимо вывести справки о результатах ЕГЭ. Большое количество поступающих не позволяет выводить эти сведения в ручном режиме. В ФИС ГИА и приёма реализована пакетная печать справок в формате Word. Однако размер возвращаемого файла настолько велик, что затрудняет работу с ним. В связи с этим в ИСПК НИУ «МЭИ» был добавлен собственный сервис печати справок ЕГЭ соответствующего образца.

Следует отметить, что ФИС ГИА и приёма имеет сервис по проверке результатов олимпиад

школьников, который на настоящий момент не допускает автоматизированное взаимодействие.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В докладе рассмотрены средства Информационной системы Приёмной комиссии НИУ «МЭИ» для организации взаимодействия с ФИС ГИА и приёма в ходе приёмной кампании. Отдельно рассмотрена организация проверки результатов ЕГЭ поступающих.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Постановление** Правительства Российской Федерации от 31 августа 2013 г. № 755 «О федеральной информационной системе обеспечения проведения государственной итоговой аттестации обучающихся, освоивших основные образовательные программы основного общего и среднего общего образования, и приёма граждан в образовательные организации для получения среднего профессионального и высшего образования и региональных информационных системах обеспечения проведения государственной итоговой аттестации обучающихся, освоивших основные образовательные программы основного общего и среднего общего образования». [Электронный доступ]. URL: <http://www.rg.ru/2013/09/06/obr-dok.html>.
2. **Подключение** информационных систем персональных данных образовательных организаций среднего профессионального и высшего образования к информационной системе персональных данных центра обработки данных ФГБУ «Федеральный центр тестирования» Технические условия. [Электронный доступ]. URL: <http://www.rustest.ru/upload/iblock/a87/a87661cfff73814fad747f9fbca9caee.pdf>.
3. **Федеральная** информационная система обеспечения государственной итоговой аттестации и приёма граждан в образовательные организации для получения среднего профессионального образования и высшего образования (ФИС ГИА и приёма). Спецификация сервиса автоматизированного взаимодействия с информационными системами образовательных организаций. Версия 2.5.3. [Электронный доступ]. URL: <http://priem.edu.ru/Document.aspx?id=292310493951>.
4. **Описание** форматов файлов для пакетной проверки результатов ЕГЭ в подсистеме ФИС «Результаты ЕГЭ» (версия 3). [Электронный доступ]. URL: <http://priem.edu.ru/Document.aspx?id=292306299647>

A.A. Vaskovsky, G.V. Krupin, N.Y. Frolov, A.M. Chernetsov

VaskovskyAA@mpei.ru; Krupingv@mpei.ru; FrolovNY@mpei.ru; ChernetsovAM@mpei.ru
National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

COOPERATION WITH FEDERAL INFORMATION SYSTEM OF THE FINAL CERTIFICATION AND RECEIVING

SUMMARY

The report addresses the interaction of the information system of the selection committee of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute» and the federal information system of the state final certification and acceptance. The scheme of interaction are the main problems encountered when working with the federal system.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПРИЁМНОЙ КОМИССИИ «МЭИ»

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён рассмотрению структуры информационной системы Приёмной комиссии НИУ «МЭИ». Приводятся функциональные особенности и возможности каждого структурного модуля. Подробно описываются модули постановки в очередь и приёма заявлений.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время функционирование Приёмной комиссии современного учебного заведения невозможно представить без разветвлённой информационной системы. Приёмная комиссия в этом отношении не является исключением. Разработки собственной информационной системы приёма велись Приёмной комиссией Национального исследовательского университета «МЭИ» (НИУ «МЭИ»), начиная с 90-х годов прошлого века. В настоящее время информационная система представляет собой совокупность модулей, каждый из которых выполняет определённые функции, связанные с той или иной стадией приёма поступающих. В докладе описаны функциональные возможности модулей постановки в очередь и приёма документов у поступающих.

1. АКТУАЛЬНОСТЬ ЗАДАЧИ

Сегодня на рынке представлено огромное количество универсальных решений, направленных на автоматизацию работы Приёмной комиссии, но не всегда эти решения отражают особенности приёма в то или иное учебное заведение. Кроме того, ежегодные изменения в Порядке приёма в вузы России затрудняют оперативную модернизацию покупной информационной системы. В 2011 году Приёмной комиссией НИУ «МЭИ» было принято решение о создании собственной информационной системы, которая отвечала бы как требованиям законодательства РФ [1,2], так и особенностям приёма [3].

Ключевыми особенностями разработанной информационной системы являются её модульность и использование связки свободно распространяемого программного обеспечения (apache, php, MySQL). Модульность системы позволяет оперативно вносить изменения в соответствии с изменениями законодательства и структуры приёма. Также стоит отметить, что доступ к информационной системе осуществляется через браузер, это позволяет использовать данную систему практически на всех устройствах.

2. СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Информационная система Приёмной комиссии состоит из девяти модулей. Каждый модуль выполняет функции сопровождения того или иного процесса, через который проходит поступающий.

Перечислим основные модули и дадим краткую характеристику каждому из них.

1. Модуль «Авторизация» позволяет построить ролевую модель доступа к информационной системе на основании функционала сотрудника Приёмной комиссии.

2. Модуль «Электронная очередь» служит для постановки поступающих в очередь в зависимости от причины обращения.

3. Модуль «Приём документов» предоставляет операторам интерфейс по вводу данных абитуриента в информационную систему Приёмной комиссии.

4. Модуль «Внесение изменений» предназначен для редактирования данных, занесённых при первичном обращении поступающего. Редактирование возможно как по инициативе самого поступающего (при повторном обращении), так и по инициативе сотрудников Приёмной комиссии (в случае обнаружения ошибок или опечаток в данных поступающего).

5. Модуль «Проверка заявлений» позволяет проверять заявление на соответствие тем или иным критериям с использованием сложных запросов.

6. Модуль «Проверка ЕГЭ» предназначен для выгрузки сведений в Федеральную базу свидетельств ЕГЭ и получения из этой базы баллов ЕГЭ поступающих.

7. Модуль «Экзамены» предназначен для автоматизации рутинных процедур при проведении экзаменов, таких как рассадка экзаменуемых по аудиториям, формирование шифровальных и информационных ведомостей.

8. Модуль «Зачисление» предназначен для проведения процедуры зачисления в соответствии с правилами приёма.

9. Модуль «Приказы» позволяет ответственным сотрудникам Приёмной комиссии формировать приказы о зачислении (отчислении) поступающих в автоматическом режиме.

Модули написаны на языке php, взаимодействие модулей происходит по протоколу HTTP,

данные хранятся в таблицах под управлением MySQL.

Наиболее трудоёмким в работе Приёмной комиссии является процедура приёма документов. Поэтому рассмотрим ряд модулей, связанных с приёмом документов подробнее.

3. ЭЛЕКТРОННАЯ ОЧЕРЕДЬ

Модуль «Электронная очередь» служит для упорядочения поступающих в зависимости от причины их обращения.

Функционал модуля способен меняться в зависимости от стадии приёма документов. На самом первом этапе приёма документов модуль представляет операторам очереди возможность осуществлять постановку поступающих в очередь в зависимости от уровня образования, на который они хотят поступать (бакалавриат, магистратура, аспирантура), и в зависимости от типа обращения. Всего выделяется четыре типа обращения:

- первичное обращение относится к абитуриентам, которые посетили НИУ «МЭИ» впервые;
- обращение после регистрации в сети Интернет относится к поступающим, которые заполнили анкету на официальном сайте Приёмной комиссии НИУ «МЭИ» в сети Интернет;
- повторное обращение для поступающих, которые хотят внести изменения в документы поданные ранее;
- отзыв документов для поступающих, которые решили забрать поданные ранее документы полностью.

Когда приём заявлений от поступающих завершается, типы обращений меняются, например добавляется тип обращения «подача оригинала документа об образовании».

Как уже было сказано выше, типы обращений могут изменяться в зависимости от стадии приёма.

При обращении к операторам очереди, поступающий получает номер в очереди, в котором «закодирована» причина обращения (рис. 1).

Также этот модуль позволяет поступающим контролировать текущую очередь с помощью процедуры вывода информации о состоянии очереди на внешние мониторы, при этом поступающие могут контролировать свою очередь через сеть Интернет.

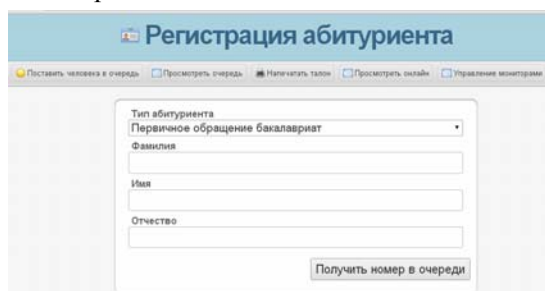


Рис. 1. Окно регистрации поступающих

На рис. 2 приведён пример окна состояния очереди, с помощью которого поступающие могут следить за продвижением своей очереди. Сведения о состоянии очереди обновляются каждые семь секунд.

**Приглашаем в А-311
БУКВА "М" номера
по 1**
**Приглашаем в А-311
БУКВА "У" номера
по 1**

Рис. 2. Окно информирования о состоянии очереди

На рис. 3 показан интерфейс изменения вызываемых номеров. Права на изменение тех или иных номеров связаны с правами пользователя. Например, пользователь модуля «Приём документов» может изменять только номера, относящиеся к первичному приёму документов.

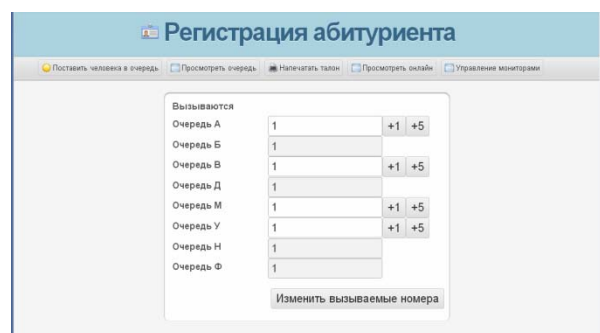


Рис. 3. Изменение вызываемых номеров

4. ПРИЁМ ДОКУМЕНТОВ

Модуль «Приём документов» предназначен для заполнения оператором данных поступающего с целью формирования заявления поступающего и приложений к нему. Модуль состоит из двух частей: визуальной информации о поступающем и непосредственно данных поступающего.

Данный модуль получает первоначальные сведения у модуля «Электронная очередь» (рис 4). На первом этапе работы модуля осуществляется фотографирование и привязка фотографии поступающего к его номеру в очереди. На втором этапе происходит непосредственно подача поступающим необходимых сведений и документов.

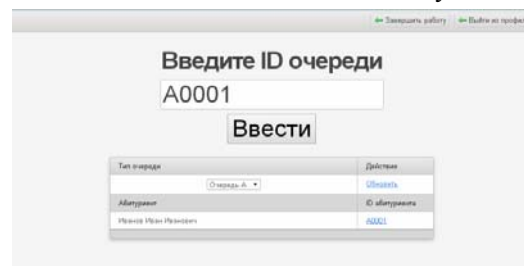


Рис. 4. Выбор поступающего из очереди

Если поступающий пришёл впервые, то по номеру очереди оператор получает ФИО поступающего, а если поступающим была заполнена анкета на сайте Приёмной комиссии НИУ «МЭИ», то модуль «Приём документов» получает всю введенную поступающим информацию, в этом случае оператору необходимо только проверить и уточнить её.

Общий вид интерфейса модуля «Приём документов» показан на рис. 5. Как видно, интерфейс модуля состоит из вкладок, которые содержат определённый тип сведений о поступающем. Например, вкладка «Общие данные» содержит сведения о личности поступающего и о месте его жительства, а вкладка «Направления подготовки» — о направлениях подготовки, на которые поступающий планирует участвовать в конкурсе.

После заполнения всех обязательных полей и нажатия оператором кнопки «Сохранить» происходит автоматический переход на следующую вкладку.

Для ускорения и упрощения ввода оператором сведений о поступающем модуль «Приём документов» содержит в себе ряд справочников. Пример одного из таких справочников показан на рис. 6.

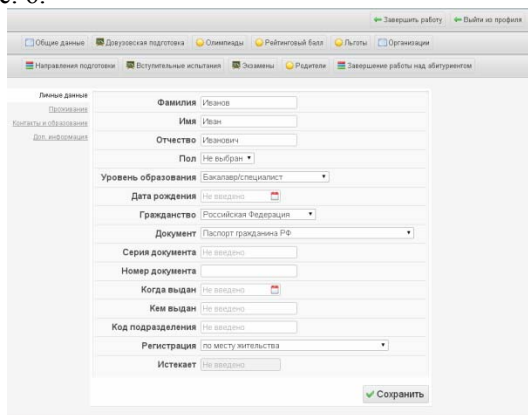


Рис. 5. Общий вид модуля «Приём документов»

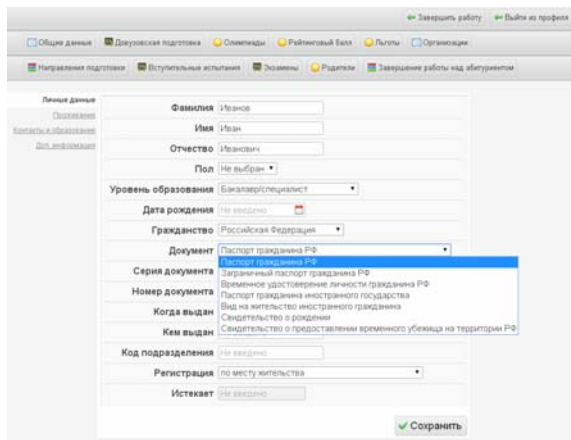


Рис. 6. Пример справочника «Документ»

Также модуль «Приём документов» содержит базу КЛАДР (рис. 7), что существенно упрощает

ввод адреса проживания поступающего и исключает возможные ошибки оператора при вводе.

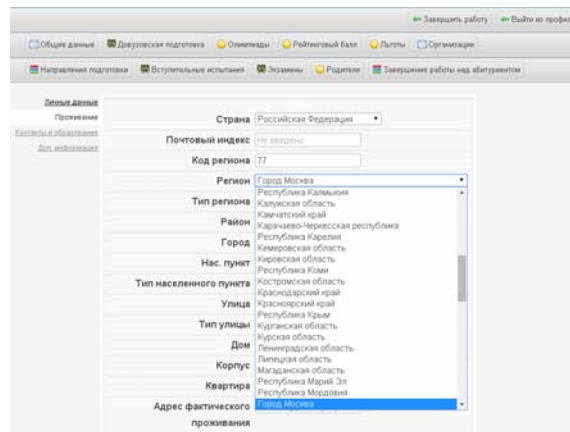


Рис. 7. База КЛАДР

На вкладке «Вступительные испытания» оператор со слов поступающего вводит баллы по вступительным испытаниям. В том случае, если это баллы ЕГЭ, то для автоматической проверки этих баллов модуль «Приём документов» передаёт сведения модулю «Проверка ЕГЭ».

После завершения ввода и проверки необходимых сведений оператор должен получить регистрационный номер поступающего и может вывести на печать необходимые документы поступающего (рис. 8).

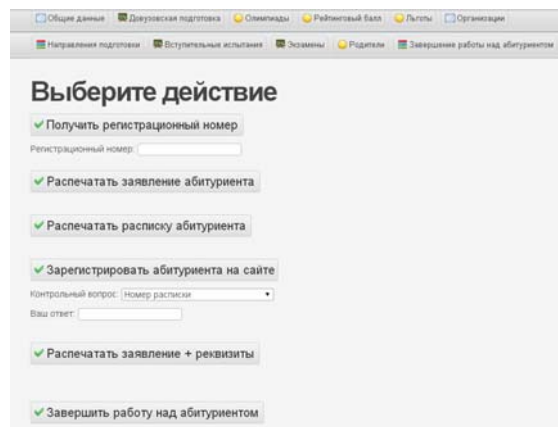


Рис. 8. Вкладка «Завершение работы с поступающим»

В том случае, если поступающий не регистрировался самостоятельно на официальном сайте Приёмной комиссии МЭИ, вкладка «Завершение работы с поступающим» позволяет оператору создать для поступающего его личный кабинет. Личный кабинет позволяет поступающему контролировать правильность введённых оператором сведений и текущую конкурсную ситуацию.

Документы формируются в формате pdf, что позволяет выводить их на печать прямо из окна браузера. При формировании документов поступающих происходит автоматическое сохранение pdf-файлов на сетевом хранилище.

5. ПОВТОРНОЕ ОБРАЩЕНИЕ ПОСТУПАЮЩИХ

В ряде случаев требуется повторное обращение поступающего в Приёмную комиссию, например поступающий нашёл в личном кабинете ошибку в адресе проживания или решил поменять выбранные им ранее направления подготовки. В этом случае оператор работает с модулем информационной системы «Внесение изменений» (рис. 9).

Рис. 9. Главное окно модуля «Внесение изменений»

На рис. 9 приведено главное окно модуля «Внесение изменений». Данный модуль даёт возможность оператору вносить изменения в данные поступающего и осуществлять критериальный поиск среди всех подавших документы.

При вводе номера очереди или регистрационного номера оператор получает все сведения о поступающем.

Интерфейс информационной системы при работе оператора с модулем «Внесение изменений»

аналогичен интерфейсу модуля «Приём документов».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В докладе рассмотрена часть информационной системы Приёмной комиссии. Основным достоинством системы является её модульность, гибкость и использование связки свободно распространяемого программного обеспечения.

Информационная система состоит из связанных модулей, что позволяет оперативно вносить изменения в соответствии с изменениями законодательства и структуры приёма, а также расширять функционал системы без вмешательства в существующие модули.

Следует отметить тот факт, что доступ к информационной системе осуществляется через браузер, это позволяет использовать данную систему практически на всех современных устройствах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Федеральный** закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Об образовании в Российской Федерации».
2. **Приказ** Министерства образования и науки РФ от 28 июля 2014 г. № 839 «Об утверждении Порядка приёма на обучение по образовательным программам высшего образования — программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры на 2015/16 учебный год» с изменениями и дополнениями от 11 ноября 2014 г., 2 марта 2015 г.
3. **Правила** приёма в Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Национальный исследовательский университет «МЭИ» в 2015 году (утверждены на заседании Приёмной комиссии «НИУ «МЭИ» 15 мая 2015 г., протокол №3/15).

D.V. Vershinin, A.F. Kryukov, R.I. Polyak, D.A. Titov

VershininDV@mpei.ru; KriukovAF@mpei.ru; PoliakRI@mpei.ru; TitovDA@mpei.ru
National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

INFORMATION SYSTEM OF «MPEI» ADMISSION COMMITTEE

SUMMARY

The report is devoted to the structure of the information system of the Admissions Committee of MPEI. The report describes the modules queuing and receiving applications.

ТРЕНАЖЁРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ В ВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКЕ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ АЭС

АННОТАЦИЯ

Ядерная энергетика нашей страны активно развивается. Одним из условий успешной реализации этих планов является опережающая подготовка высококвалифицированных, способных к быстрой адаптации специалистов по эксплуатации энергоблоков АЭС. В статье описан комплекс обучающих программ, внедрение которого способствует решению этой задачи. В его основе лежит применение тренажёрных комплексов.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в связи с широкомасштабным развитием ядерной энергетики нашей страны наблюдается дефицит подготовленного оперативного персонала блочных щитов управления – ведущих инженеров по управлению реактором (ВИУР) и ведущих инженеров по управлению турбиной (ВИУТ). Кроме того, высокий уровень подготовки обслуживающих ядерные объекты специалистов является важным фактором, гарантирующим их безопасную и надёжную эксплуатацию. По разным оценкам по вине операторов происходит от 15 до 40 % всех аварий и от 20 до 80 % всех нарушений в работе атомных станций. Эффективная работа высших учебных заведений должна быть ориентирована на решение обозначенных проблем.

В учебно-тренировочных центрах станций нашей страны создан современный парк программно-технических средств обучения, включая полномасштабные, аналитические и многофункциональные тренажёры. Постепенно тренажёрные комплексы внедряются и в вузовскую подготовку. Причём применение их в вузе кардинально отличается от тренажёрной подготовки на предприятиях с точки зрения навыков, достижение которых является целью использования. Для персонала в ходе подготовки на должность или поддержания квалификации результатом становится выработка алгоритмов действий в моделируемых тренажёрами режимах эксплуатации. Для выпускника же основополагающей является готовность к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов, к управлению сложными технологическими объектами в целом. Кроме того, требуется некий комплексный подход использования тренажёров в вузе, позволяющий гармонично вписать их в учебный процесс.

1. КОМПЛЕКС ОБУЧАЮЩИХ ПРОГРАММ ВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА АЭС

Нами предлагается единый обучающий комплекс, направленный на интенсификацию вузовской подготовки будущих ВИУРов. Объектом изучения выступают водо-водяные энергетические реакторы как наиболее распространённые в мире. В основе комплекса лежит компетентностный подход, подразумевающий, что в качестве результата образования рассматриваются компетенции выпускника, характеризующие его способность применять знания и умения для успешной профессиональной деятельности за счёт глубокого понимания физики изучаемых процессов. Достигается это за счёт объединения единой концептуальной основы применения компьютерного и имитационного моделирования.

Комплекс состоит из трёх частей. Первая из них содержит разработанный нами компьютерный лабораторный практикум по кинетике водо-водяных реакторов, основанный на численных экспериментах. В основе практикума лежат программы по компьютерному моделированию, реализованные в среде MathCAD. Разработанные математические модели охватывают кинетику холодного и горячего реакторов. Они позволяют проанализировать роль запаздывающих нейтронов, влияние температуры топлива и теплоносителя на характер переходных процессов, процессы выгорания топлива, отравления реактора ксеноном и самарием, а также ксеноновые колебания.

Вторая и третья части разработанного обучающего комплекса предполагают использование тренажёров блока АЭС. Они посвящены симуляции нейтронно-физических реакторных измерений и операций пуска-останова блока соответственно.

2. СИМУЛЯЦИЯ РЕАКТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

В существующих вузовских программах и соответствующих учебниках реакторные измерения затрагиваются довольно поверхностно. Однако безопасный пуск и последующая эксплуатация ядерного реактора возможны только при знании его нейтронно-физических характеристик с точностью, удовлетворяющей требованиям правил ядерной безопасности и теплотехнической надёжности активной зоны. Знакомство с техникой физического эксперимента и овладение ей со студенческой скамьи является одной из важней-

ших задач при подготовке специалистов, эксплуатирующих ядерные реакторы.

В основу разработанного комплекса симуляции реакторных физических экспериментов положены существующие руководящие документы (РД ЭО 0150-2004, РД ЭО 0151-2004), адаптированные нами для имитаторов, в качестве которых используются функционально-аналитический тренажёр (ФАТ) и полномасштабный тренажёр (ПМТ) энергоблока АЭС с реактором ВВЭР-1000 (В-320). В основе тренажёрных комплексов лежит математическое моделирование нейтронно-физических, тепломеханических, теплофизических и других процессов и, как следствие, построение модели функционирования энергоблока в различных режимах в реальном времени. ФАТ реализован на персональном компьютере в программной среде 3KeyMaster™ [1], программный продукт ООО «Вестерн Сервисез». Широкие возможности ФАТ позволяют проводить эксперименты над активной зоной, моделировать различного рода штатные и аварийные ситуации, а мобильность и удобство при работе на персональном компьютере дают возможность эффективно использовать ФАТ в учебном процессе. ПМТ имеет идентичное программное обеспечение в дополнении к полномасштабной модели реального блочного щита управления.

Каждая лабораторная работа по реакторным измерениям включает теоретический раздел; экспериментальную часть, содержащую адаптированные к компьютерным имитаторам существующие методики нейтронно-физических измерений на действующих установках; практическую часть, представляющую собой программы и методики обработки результатов экспериментов.

3. ПУСК И ОСТАНОВ ЭНЕРГОБЛОКА

Третья часть разработанного комплекса посвящена симуляции на компьютерном и полномасштабном тренажёрах процессов пуска и останова блока АЭС. Этот раздел комплекса разработан на основе типовой пошаговой программы пуска-останова с учётом базового перечня операций по пуску-останову, порядка и последовательности их выполнения для энергоблока АЭС с ВВЭР-1000.

Тренажёрная подготовка способствует формированию профессионального мышления, а также является эффективным средством личностного становления будущего оператора, инструментом развития профессионально важных качеств. Поэтому в ходе симуляции пуско-остановочных работ на ПМТ ведутся исследования по выявлению индивидуально-личностных качеств, влияющих на успешность выполнения тренажёрных заданий. Личностные особенности – один из компонентов компетенций, влияющий на скорость и эффективность их формирования. У студентов с разным уровнем успешности выполнения задач тренажёрной подготовки выявляются значимые различия в показателях выраженности личностных качеств. Их анализ даёт возможность развивать методический аспект обучения на основе как комплексных решений, так и индивидуальных рекомендаций обучаемым.

4. СВЯЗЬ ЭЛЕМЕНТОВ ОБУЧАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА

Комплекс содержит ряд лабораторных работ, которые предусматривают использование как математического, так и имитационного моделирования, объединяя тем самым все его части в единое целое. Так, например, найденные в ходе симуляции и обработки экспериментов характеристики моделируемого тренажёром реактора (коэффициенты и эффекты реактивности, дифференциальные и интегральные характеристики поглотителей и пр.) далее используются обучаемыми при математическом моделировании различных переходных процессов. Результаты численных экспериментов сравниваются с результатами симуляции аналогичных переходных процессов на тренажёре.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение тренажёрных комплексов в вузах должно происходить в рамках комплексного подхода. В этом случае оно способствует повышению качества подготовки будущих специалистов для АЭС и позволяет сократить сроки адаптации выпускников на рабочих местах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Western Services Corporation [официальный сайт]. [Электронный доступ]. URL: <http://www.ws-corp.com>.

M.A. Volman, V.K. Semenov

maria_volman@mail.ru

Ivanovo State Power Engineering University, Ivanovo

SIMULATORS FOR UNIVERSITY TRAINING OF FUTURE NPP PERSONNEL

SUMMARY

Our country's nuclear power industry is developing actively. Among the preconditions for fulfilling these plans anticipative training of personnel engaged in operating nuclear power plants' power units. This report describes a set of training programs whose application would facilitate fulfillment of the above task. The training complex contributes to form professional thinking. The usage of simulators is the main component of this complex.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МАРШРУТИЗАЦИИ В РАСПРЕДЕЛЁННЫХ СИСТЕМАХ КАК ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ИНЖЕНЕРА

АННОТАЦИЯ

Рассматривается программно-алгоритмический комплекс решения задач, сводимых к общей математической проблеме маршрутизации транспорта. Комплекс анализируется как средство информатизации инженерного образования в ряде прикладных, междисциплинарных и фундаментальных дисциплин. Описываются возможности комплекса в решении практических задач экономики и перспективы его дальнейшего расширения в качестве информационного образовательного инструмента.

ВВЕДЕНИЕ

Скорость развития технологий современного мира, дополненная глобальной информационно-коммуникационной сетью, совместимостью и унификацией средств связи, обострила одну из проблем долгосрочного образования. Ещё два-три десятилетия назад студенту достаточно было получить фундаментальную базу знаний и умений в области средств, методов и технологических решений, для того чтобы применить свои знания в качестве молодого специалиста, разумеется, с дополнительной корректировкой в актуальных практических задачах.

Чуть позже проблема обострилась за счёт существенного увеличения темпов развития техники и технологий. Подобное усложнение отчасти могло компенсироваться дополнительным образованием: курсы, тренинги, семинары.

В современных условиях за время обучения студента могут устареть не только знания об актуальных технических средствах и технологических процессах, но даже и знания о собственно методах и направлениях в решении задач. Одновременно фундаментальные знания остаются столь же необходимыми. Это означает, что современный выпускник вуза должен обладать способностью получать новые знания не только с помощью наставника или дополнительного образования, но и полностью самостоятельно, причём в сложных прикладных областях. Такая способность должна формироваться уже в процессе обучения. В этой связи автор рассматривает программный комплекс как средство, позволяющее, даже побуждающее, не просто изучать некоторые предопределённые методы, но и вносить изменения в формулировку задач и способы их решения.

1. ЗАДАЧА МАРШРУТИЗАЦИИ В РАСПРЕДЕЛЁННЫХ СИСТЕМАХ, ЕЕ ТРУДНОСТИ, АКТУАЛЬНОСТЬ

Статья посвящена образованию инженеров — специалистов, востребованных в решении практических задач, поэтому подробнее остановимся на многообразии реальных распределённых систем (РС) с выделением ключевых элементов в них:

- сети газопроводов (объекты — газораспределительные станции, трубопроводы — связи между ними);
 - автоматические линии производства и станки с ЧПУ (объекты — станок, узел ЧПУ в нем, связь — сеть Ethernet);
 - системы контроля и управления доступом (карточные и биометрические считыватели, видеокамеры — объекты, связь — проводная, Ethernet, или беспроводная, Wi-Fi или GPRS);
 - электросети (подстанции, ГЭС, АЭС, потребители — объекты перераспределения источников и получателей, линии электропередач — связи между ними);
 - банковские, информационные, платёжные и торговые сети (объекты — банкоматы, терминалы самообслуживания, автоматы по продажам билетов, мелкой розницы, их связи зависят от сложности терминалов и могут включать технологии объединения компьютерных сетей);
 - системы логистического обеспечения (объекты — склады и потребители, связь — любой вид транспортного сообщения);
 - сети связи, компьютерные сети; здесь важнее указать характеристики элементов (узлы связи характеризуются скоростью обработки информации, а каналы связи — пропускной способностью);
 - корпорации, крупные компании (объекты — головной и дочерние офисы, производства, офисы продаж, связи соответствуют информационным и логистическим сетям).
- Перечислим существенные характеристики РС:
- объекты имеют местоположение, например географические координаты или нахождение в определенном помещении (компьютер локальной сети);
 - объекты могут выполнять автономно свой круг задач и требовать вмешательства в работу,

- существуют два вида связей между объектами: для физического переноса «вещества» (газ, информация) и географическая; существуют и направления связей;

- стоимость переноса «вещества» или перемещения от объекта к объекту (время, цена или совокупный вектор стоимостей);

- стоимость обслуживания самого объекта;

- наличие одного или нескольких распределительных центров (РЦ) – источников «вещества», информации.

В общих словах, задача маршрутизации в распределённой сети формулируется как построение оптимального (по совокупности затрат на связях и объектах) обхода всех узлов сети. Полный обход сети формируется как сумма из m построенных «по правилам» замкнутых маршрутов, которые разбивают множество всех объектов на непесекающиеся подмножества.

В большинстве РС задача маршрутизации или её варианты [1] формулируются либо в качестве самостоятельных вопросов, либо возникают в неявной форме при решении задач управления, оперативного планирования, диспетчеризации. Основопологающая цель их решения лежит в русле концепции «достижения высокой рабочей готовности систем с нулевым уровнем отказов» [2], однако даже приблизиться к подобному уровню вовсе не просто. Даже самая обычная задача маршрутизации (Vehicle Routing Problem, VRP) – это комбинаторная задача оптимизации, которая стоит на стыке двух известных NP-трудных задач: множественной задачи коммивояжера и задачи об упаковке в контейнеры, что практически исключает для крупной сети получение точного решения оптимизационной задачи за приемлемое время. Большинство известных алгоритмов являются эвристическими либо мета-эвристическими [1], — они не ищут точных решений, а лишь оптимальны среди некоторого множества допустимых, которые могут обнаружить.

Даже вырожденный случай статической задачи сводится к NP-трудной задаче коммивояжера, при этом в VRP задачах реальных систем пять из шести основных характеристик могут быть величинами:

- статическими;

- вероятностными с известным законом распределения;

- вероятностными с неизвестным законом распределения;

- величинами с неполной информацией, т.е. такими, которые могут менять свое значение в процессе поиска решения, поддающимися про-

гнозу или получающими корректировку в динамической форме;

- представлять из себя вектор неоднородных величин разной степени достоверности, на котором вычисляется функция совокупной стоимости.

«Правила» построения обхода вносят дополнительные трудности в задачу. Практическая постановка может добавить характеристик, условий и усложнить исходную формулировку проблемы, при этом предсказать степень усложнения априори не всегда возможно. Внешне очень схожие задачи могут требовать различных подходов в решении. Приведём пример. Пусть есть алгоритм для решения распределительной задачи в логистической сети — задачи развозки грузов получателям из одного РЦ. Сравним её с задачей инкассирования банкоматов для одного банка. В ней возникает специфика финансовых правил, принятых в конкретной стране. Например, в РФ существуют жёсткие временные интервалы на период обязательного инкассирования, а распространённая практика банков — жёсткая привязка денежных кассет к конкретному банкомату нумерованием. Это означает, что ситуация выхода из строя машины перевозчика, алгоритмически решённая в первой задаче системой назначения штрафов, не подойдет во второй, где доставка на объект должна быть проведена в любом случае.

В заключение отметим, что помимо вычислительной сложности, добавление характеристик в задачи VRP типа вносит трудность в поиски подходящего алгоритма, т.е. такого, который умел хотя бы находить допустимые решения, если они есть. В этом случае оптимизация процесса заключается в автоматизации или замещении компьютерными средствами деятельности людей – экспертов, диспетчеров, групп планирования.

2. ЦЕЛИ, ПОСТАВЛЕННЫЕ ПЕРЕД РЕАЛИЗАЦИЕЙ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА, ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ ФУНКЦИЯМ

В работе рассматривается программно-алгоритмический комплекс TNTS (Terminal Networks Traversal Scheduling) для решения задач VRP типа. При выборе математических моделей, алгоритмов, программной реализации и функциональных возможностей в TNTS, сыграло роль следующее соображение.

Инженерное образование должно обеспечивать в процессе обучения работу с математическими и компьютерными моделями изучаемых объектов и систем, выполнение лабораторных работ на реальном оборудовании, но стоит учесть, что даже инженер узкой специализации, например инженер-технолог или инженер-программист, имеет дело со многими объектами и системами. В этом случае ему важно получить представление о широком спектре объектов и

взаимодействии с ними. Примеры различных объектов в схожих системах, которые формируют одинаковую упрощённую модель, но имеют различия в моделях, приближённых к реальным и, как следствие, требуют разных алгоритмических решений, мы рассмотрели выше. Поэтому важно не просто изучить ряд моделей объектов и методов решения задач из унарных дисциплин, но достигнуть ясного понимания того, что практическая задача потребует внесения изменений в идеальную упрощённую модель, алгоритм и даже метод; потребует знаний в нескольких дисциплинах одновременно. Этого не добиться одной теорией, студенту надо дать возможность «всё прощупать самому».

Компьютерные модели являются основным инструментом имитации реальных систем и дорогостоящего оборудования, которые не могут быть сконцентрированы в одном образовательном заведении. В TNTS заложены возможности моделирования различных РС, изменения задач в рамках VRP типа, модификации предложенных алгоритмов или реализации собственных, изменения параметров оптимизации, добавление новых. При реализации TNTS задействованы такие дисциплины, как дискретная математика, в том числе и теория графов, теория вероятностей, численные методы, программирование, что даёт возможность использования комплекса при изучении соответствующих дисциплин.

В качестве базовой математической модели описания задачи в TNTS выбрана статическая задача, сформулированная в форме задач VRP типа, с ограниченным числом s бригад (бригада – условное наименование единиц ресурса, обслуживающего объекты РС):

1) сеть описана полным взвешенным графом $G(V, E)$, V — множество вершин-объектов, E — множество ребер-связей между объектами;

2) веса вершин, T_i , ($T_i \geq 0$) — стоимость обслуживания объекта;

3) веса ребер, c_{ij} , ($c_{ij} \geq 0$) — стоимость перемещения из i в j ;

4) задано **правило ограничения** циклов обхода для бригады k , ($k = 1 \dots s$):

- каждый цикл обхода содержит не более r вершин и имеет стоимость $T_{\text{цикл}}^k$, определяемую, как сумму стоимостей всех вершин и ребер, вошедших в цикл;

- бригада k может выполнять более одного цикла, но суммарная стоимость $T_{\text{сум}}^k = \sum T_{\text{цикл}}^k$ всех её циклов не превышает заданную величину $T_{\text{раб}}$;

5) все циклы начинаются в заданной вершине v_1 , она является единственной общей вершиной циклов;

6) **приемлемым** решением задачи является разбиение множества V на подмножества с заданием порядка обхода на подмножествах с соблюдением всех введённых ограничений; отметим, что в силу пункта 4, общее число циклов $m \geq s$;

7) целевая функция (минимизации) при построении приемлемого решения будет функция стоимости решения $C_{VRP} = \sum T_{\text{сум}}^k$.

В сформулированной задаче существует принципиальное отличие по параметру s : когда ресурс s считают «ограниченным» или «условно неограниченным». На практике это означает, что либо задача решается с ориентиром на внутренние ресурсы, например штат сотрудников; либо передаётся на исполнение в стороннюю специализированную организацию, — и в этом случае играет роль не столько фиксированное количество ресурса, сколько стоимость его использования. Задачи первого типа обозначим VRPs, а второго VRPUs (unlimited s).

В различных РС могут подвергаться изменениям следующие параметры задачи:

- параметры T_i , c_{ij} , r могут быть представлены вероятностными величинами, величинами с неполной информацией, функцией от вектора;

- исходный граф G может выступать исчерпывающей базой всех объектов и связей, в то время как задача решается на его полных подграфах G^* . Например, начало поиска решения на графе G_1^* в процессе решения переходит в поиск на графе G_2^* : на практике соответствует ситуации добавления или исключения объектов РС из обслуживания в связи с экстренными мерами; подобная ситуация динамического изменения состояния может коснуться и параметра s ;

- величины r и $T_{\text{раб}}$ могут быть представлены векторами, где каждый элемент соответствует номеру бригады;

- целевая функция в задачах может дополняться оптимизацией по частному критерию, например по параметрам s , r или $T_{\text{раб}}$.

Таким образом, в TNTS требовалось разработать в качестве базового такой алгоритм, который позволил бы учитывать в перспективе многообразие изменения параметров задачи, без существенного изменения корневой методики построения приемлемых решений. Подобный подход позволит студенту вносить модификации в готовый алгоритм, используя знания в конкретной дисциплине; сравнивать модификации алгоритмов между собой. Отметим, что модификация алгоритма при изменении одного единственного параметра сама по себе — задача достаточно сложная, сопоставимая с уровнем выпускной работы бакалавра либо курсовой работы. Возможность по-

добной модификации была доказана и реализована в рамках TNTS на примере выбора вероятностной природы параметра T_i и прогнозируемости изменяемого параметра c_{ij} .

Для использования в учебном процессе были выдвинуты два дополнительных требования, позволяющие в том числе включать в комплекс собственные алгоритмы, не обязательно модификации базового:

- использовать простейшие общедоступные форматы чтения-отображения данных в целях их совместимости и возможности перекодирования в различные визуальные формы представления;
- предложить систему унифицированного гибкого хранения данных, предопределяющую возможность дополнительного описания характеристик РС и задач VRP типа.

3. РЕАЛИЗАЦИЯ В TNTS СРЕДСТВ МОДЕЛИРОВАНИЯ, ТЕСТИРОВАНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ

Комплекс TNTS исполнен в виде многомодульного MDI приложения. В качестве основных средств моделирования и тестирования в нём представлены: шесть модификаций алгоритмов решения задач класса VRPs/VRPUs; возможности оптимизации по частному критерию с выбором критерия и алгоритма; возможности регулирования параметров задач; моделирование РС двумя способами с визуальным отображением. Кроме стандартных возможностей MDI приложения по доступу к просмотру, редактированию и сохранению файлов описания РС и решений задач, дополнительно реализованы: средства многократной загрузки и хранения описаний РС без замещения (что важно, учитывая ощутимое время, которое требуется для загрузки описания «большой» РС в оперативную память ПК), присваивание номера и изменение признака «активной РС» по номеру, указание полного пути размещения файла описания РС, расчёт вспомогательной статистической информации по графу описания РС и управление высвобождением оперативной памяти ПК.

Реализованные в TNTS алгоритмы:

- LLA, ULLA для решения базовых статических задач VRPs и VRPUs соответственно;
- LLA_P-St, LLA_P-Rnd для решения стохастических вариаций задачи VRPs методом аппроксимации Пуассона в стандартном исполнении и с процедурой рандомизации принятия решений соответственно [3];
- LLA_N для решения стохастической вариации задачи VRPs методом нормальной аппроксимации [4];
- для реализации в рамках комплекса подготовлен алгоритм LLA_Traffic [5] на основе мето-

да кусочно-линейной аппроксимации для решения задачи с прогнозируемым параметром c_{ij} .

Все алгоритмы представляют собой модификации базового эвристического алгоритма, разработанного для решения задачи VRPs, в основу которого положены методы *обхода графа в глубину* для построения специального цикла (так называемый цикл предварительной оценки, ЦПО), *ближайшего соседа* для построения минимального остовного дерева, и *алгоритм Кристофидеса* решения задачи коммивояжера. Схематически алгоритм можно разбить на две части, которые рекурсивно повторяются для каждого узла сети: поиск узлов РС — «кандидатов» на включение в ЦПО; принятие решения о включении узлов в ЦПО и контроль соответствия цикла ограничивающим его параметрам. Такой подход позволил успешно вводить в исходные задачи дополнительные нестатические факторы влияния.

Описание стандартной РС (матрица весов рёбер, векторы свойств вершин) реализуется в объектах базового класса «Graph». Предусмотрены дополнительные параметры описания РС: матрицы приоритетов обслуживания рёбер, вершин, специально организованная матрица хранения кратчайших путей между всеми вершинами. Эти параметры могут присутствовать в РС в различных комбинациях. Для таких РС создано семь дочерних классов класса «Graph» и предусмотрен механизм расширения многообразия дочерних классов. Решена поставленная задача унифицированного гибкого хранения в оперативной памяти набора графов-описаний РС, реализованных различными классами, наследующими от базового. Для этого была применена динамическая структура «Gkeeper», являющаяся фактически «умным указателем» (термин объектно-ориентированного программирования, [6]) на базовый тип «Graph» с дополнительно интегрированным деструктором. Задача объектов типа «Gkeeper» — получив ссылку на любой динамически созданный объект любого дочернего к «Graph» класса, удерживать её на всём протяжении — корректно очистить память и от адресуемого им объекта. Данный приём позволяет использовать различные структуры массового хранения с участием «Gkeeper», получая преимущества унифицированного доступа к графам разных классов. В TNTS, в частности, с этой целью используется ассоциативный массив «map<int,Gkeeper>». Из семи классов, наследников базового, три являются прямыми одиночными наследниками класса «Graph», а четыре образованы по принципу множественного «ромбовидного» полиморфного наследования». За счёт этого основополагающие данные графа — матрица весов рёбер, векторы свойств вершин — используются совместно все-

ми базовыми классами в составе комбинированных, что позволяет существенно сохранять объём оперативной памяти. Наконец, полиморфная реализация процедуры чтения данных из файла при помощи виртуальной функции базового класса, переопределённой в большинстве дочерних классов, позволяет хранить в представляющих графы файлах дополнительные данные, специфичные для объектов дочерних классов, сохраняя при этом единый унифицированный программный интерфейс работы с операциями чтения.

Интерфейс функций моделирования РС и задач VRP в программном комплексе реализован в виде соответствующих диалоговых окон. Диалоговые окна моделирования РС с двумя типами распределения узлов в прямоугольной области: равномерным (тип RDP) и нормальным распределением некоторого числа узлов относительно нескольких центров с произвольными радиусами (R_x, R_y) разброса распределения (тип NDP), представлены на рис. 1 и 2. Тип RDP характерен для региональных сильноразреженных, либо, наоборот, локальных РС, а NDP — для городских РС. Тип NDP формируется *методом генерации случайной величины, основанном на предельной*

теореме $\beta \equiv \sqrt{2} \left(\sum_{j=1}^6 \alpha_j - 3 \right) \sim N(0,1)$, где $\alpha_j \sim \mathcal{R}[0;1]$. Для случайной величины $\gamma = R_x \beta$ выполняется $D(R_x \beta) = R_x^2 D(\beta) = R_x^2$, а значит, величина $\gamma \sim \mathcal{N}(0, R_x^2)$, т.е. $\delta = R_x$. Из известных данных для нормально распределённых величин и *правила трёх сигм* имеем: $P\{-3R_x \leq \gamma \leq 3R_x\} = 0,975$. В заданный радиус R_x попадут не все точки, но большая их часть с высокой вероятностью. В разработанном алгоритме генерации узлов РС с типом NDP, «не попавшие в радиус» точки приписываются либо в центр окружности, либо на её границу.

Установки параметров маршрутизации определяют тип решаемой задачи и формируются в специальном диалоговом окне (рис. 3), содержащем указание назначения и допустимые диапазоны рабочих величин.

Разработана универсальная процедура *оптимизации по частному критерию*. TNTS может осуществлять оптимизацию по критериям s , r и $T_{\text{раб}}$ алгоритмами LLA, LLA_P-St, LLA_P-Rnd и LLA_N. Возможно расширение числа и типов критериев, числа используемых алгоритмов. Алгоритмы планирования должны отвечать следующим требованиям: иметь тип, определённый в TNTS как "typedef int(*pFF)(const bool&)" и поддерживать класс «алгоритм», определённый и описанный в TNTS. Таким образом, все алгоритмы в TNTS могут функционировать в двух режимах (при этом каждое допустимое решение все-

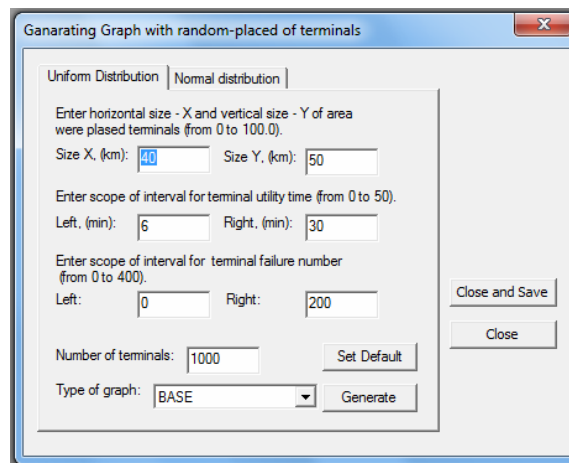


Рис. 1. Окно моделирования РС с параметрами, общими для типов RDP и NDP распределения узлов

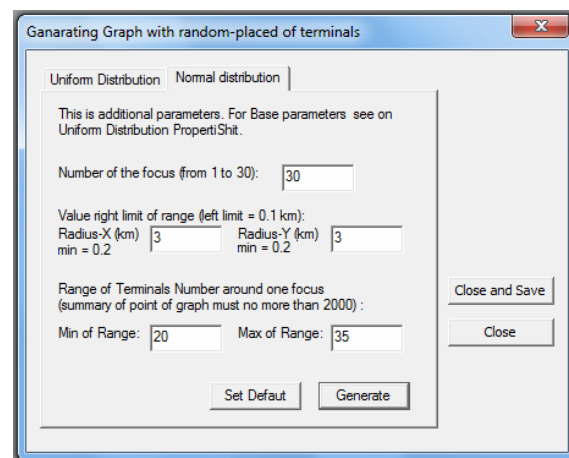


Рис. 2. Окно дополнительных параметров для моделирования РС типа NDP

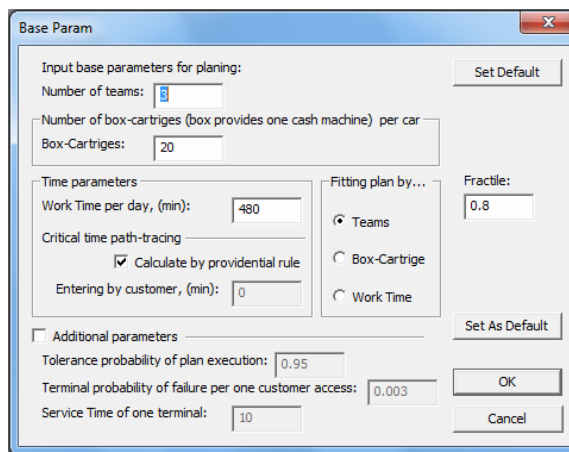


Рис. 3. Общее окно параметров задач VRPs (формирование объекта класса «задача»)

гда ищется на основании минимизации времени в циклах обхода РС): поиск допустимого решения задачи при всех фиксированных параметрах (частных критериях); поиск оптимального частного критерия при остальных фиксированных. Заметим, что в обоих режимах возможна ситуация, когда решение не будет найдено. Исключение составляет алгоритм ULLA – он всегда ищет оптимальный частный критерий (число бригад s) и

всегда находит решение, так как в VRPUs задачах ε не ограничено.

Одной из особенностей реализации TNTS было использование стандартных библиотек шаблонов STL в структурах, ответственных за хранение данных для моделирования (объекты: «алгоритм», «задача», «сеть», «модель сети»), и строгий отказ от использования типов и классов, специфичных для среды разработки Microsoft Visual C++. Несмотря на то, что интерактивная часть TNTS реализована с использованием библиотеки MFC и является Win32-приложением, структуры хранения информации и вычислительные алгоритмы выделены в отдельные модули, внутри которых строго соблюдена чистота языка C++ стандарта ANSI/ISO и могут за счёт этого быть свободно перенесены в другие программные комплексы, в том числе на другие платформы. В НИУ «МЭИ» уже существует большая коллекция разработок ЭОР (электронных образовательных ресурсов) для инженерного образования, и TNTS может стать частью одного из них. База ЭОР представлена на сайте <http://ctl.mpei.ru>.

К средствам тестирования и регулирования относятся: контроль времени исполнения алгоритмов и возможности проверки и подбора параметров стохастических алгоритмов, трудности и особенности которых были подробно описаны в [3, 4]. Были составлены таблицы применимости стохастических алгоритмов [3], но может потребоваться дополнительный контроль по использованию их в конкретной сети с подбором квантилей [4] и статистической оценкой точности решения (особенно если сеть не удовлетворяет в полной мере таблицам применимости выбранного метода [3]); такие средства в TNTS реализованы. К средствам регулирования также можно отнести информацию, записываемую в файл результата решения задачи, которая помогает оценить, почему задача не была выполнена: «флаг» причин завершения построения каждого цикла имеет пять смысловых индикаций, выводятся стоимости циклов обхода полные и частичные (например, с учётом вероятности добавленной стоимости или без неё), выводится список необслуженных объектов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Инженер обязан получить фундаментальные знания, понимание методов решения различных задач, представление о перспективных направлениях поиска в решении трудных и актуальных проблем. В трудовой деятельности он столкнётся с тем, что большинство практических задач являются междисциплинарными, и известные методы решения для идеальных моделей задач, которые даются в отдельных дисциплинах, не всегда работоспособны в условиях реальных задач. Получить всеобъемлющие знания невозможно, да и не нужно, так как в рабочих коллективах происходит диффузия и интеграция знаний отдельных людей. Гораздо важнее получить умение использовать базу фундаментальных и методологических знаний для синтеза и генерации идей в решении новых задач. Именно так и развивается научное знание, — циклично: возникновение задачи, построение её модели, упрощение модели, поиск принципиального решения на упрощённой модели, адаптация найденных системных подходов к решению практической задачи. Подготовка студентов к прохождению подобных циклов, с упором на практическую применимость знаний на этапе обучения невозможна без использования программных средств и информатизации образования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Kumar S.N., Panneerselvam R.** A Survey on the Vehicle Routing Problem and Its Variants // *Intelligent Information Management*. 2012. No. 4. SCIRP. P. 66—74.
2. **Иванов А., Токаренко Р.** Планирование ремонтов: выбор оптимального пути — «Директор информационной службы» (CIO.RU). №2. М.: Изд-во «Открытые системы», 2009. С. 3.
3. **Воробьёва И.А., Горицкий Ю.А.** Об учёте случайного времени обслуживания при эксплуатации сетей терминалов // *Вестник МЭИ*. № 6. С. 57—64.
4. **Воробьёва И.А., Горицкий Ю.А.** Исследование вопроса учёта времени обслуживания терминалов в алгоритме планирования инкассации сетей с денежным потоком // *Матер. 15-й МНТК «Информационные средства и технологии»*. Т.3. М.: Издательский дом МЭИ, 2007. С. 117—120.
5. **Воробьёва И.А., Мещанинов Д.Г.** Алгоритмы краткосрочного планирования обходов сетей с переменным трафиком и случайным временем обслуживания // *10-я МНПК «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности»*. Т.3. Спб.: Изд-во СПб НЦ РАН, 2010. С. 72—73.
6. **Страуструп Б.** Язык программирования C++. — Спб.: Невский диалект; М.: БИНОМ, 1999.

I.A. Vorobyeva

VorobyevaIA@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

SOFTWARE COMPLEX FOR SOLVING ROUTING PROBLEMS IN DISTRIBUTED SYSTEMS AS AN ENGINEER EDUCATIONAL TOOL

SUMMARY

The software-algorithmic complex for solving problems, reducible the Vehicle Routing Problem (VRP) and its variants, is considered. Complex is analyzed as a tool of engineering education informatization in a number of applied, interdisciplinary and fundamental disciplines. The software complex capabilities for solving economics practical problems, and prospects of its further expansion as an information educational tool are described.

Ю.С. Вязовцев, М.И. Шарипов, Г.А. Каяшева

kyuri10078@mail.ru; sharipovm@mail.ru; gkaysheva@mail.ru

ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (УГНТУ),
филиал в г. Стерлитамаке, Российская Федерация

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫПЛАТЫ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ

АННОТАЦИЯ

В начале 90-х годов предприятия стали самостоятельно решать вопросы по организации труда и выплате заработной платы сотрудникам. В результате заработная плата потеряла стимулирующую функцию, это привело к потере связи между прибылью предприятия и заработной платой сотрудника, к утрате критериев оценки качества работы сотрудников, что в ряде случаев приводит к увеличению текучести персонала, падению качества продукции, снижению прибыли предприятия и последующему закрытию многих производств. Поэтому современному производству необходима автоматизированная система (программа) премирования, направленная на повышение эффективности работы сотрудников путём внедрения зависимости премии сотрудника от конечной прибыли всего предприятия, которая зависит от слаженных действий всех работников предприятия. В среде 1С: Предприятие 8.2.14 была разработана программа премирования сотрудников предприятия ОАО «Красный пролетарий». Она установила связь между выплатой заработной платы работнику и конечным результатом производства. Программа упростила и автоматизировала процесс премирования сотрудников. Она состоит из трёх уровней. На первом уровне происходит распределение премии между структурными подразделениями предприятия. На втором уровне программы премирования директор либо бухгалтер предприятия вносит поправки непосредственно в распределение премии подразделения либо в премию какого-либо сотрудника и указывает причину той или иной поправки. На третьем уровне отображаются итоговые, рассчитанные программой с учётом всех поправок, данные по премии подразделения и сотрудников, находящихся в его составе. Внедрение разработанной программы повысит качество труда сотрудников, придаст стимул к работе, упростит процесс премирования предприятия и внесения тех или иных поправок по премиям, а также позволит увеличить прибыль предприятия.

ВВЕДЕНИЕ

С развитием предпринимательства предприятия стали самостоятельно решать вопросы по организации труда и выплате заработной платы сотрудникам. В результате заработная плата потеряла стимулирующую функцию, и людям стало бессмысленно вкладывать в свою работу больше энергии, чем необходимо для того, чтобы получить свой оклад в конце месяца. В итоге большинство работников приходят на работу с целью быстрее отсидеть очередной день и убежать домой. Они начинают придерживаться принципа — меньше делай, больше отдыхай. При таком от-

ношении к работе производство начинает затухать, увеличивается текучесть персонала, падает качество продукции, снижается прибыль предприятия, что в конечном итоге может привести к банкротству и закрытию всего производства. Поэтому на предприятии просто необходимо использование системы стимулирования персонала.

Как показывает зарубежный опыт, хорошая система стимулирования персонала — это система, которая разделяла бы заработную плату на две части. Одна часть — это гарантированная минимальная выплата, которую сотрудник получал бы в конце отработанного месяца (оклад). Вторая — это премия, которая выдаётся работникам предприятия при качественной работе, выполнении плана, высокой прибыли предприятия и т.д. Кроме этого, данная система обязательно должна быть связана с прибылью предприятия. При хорошем руководстве успех определяется деятельностью не одних руководителей, а полноценным трудом всего коллектива. В таком случае все сотрудники предприятия будут заинтересованы в реализации продукции, в её хорошем качестве, ведь это и есть залог больших продаж.

Система стимулирования сотрудников обязательно должна быть автоматизирована. Чтобы директор или бухгалтер предприятия смогли легко и быстро, не выходя из кабинета, одним нажатием на пару клавиш поощрить при необходимости сотрудника или какое-либо структурное подразделение или наоборот — лишить премии за невыполнение плана или обязанностей. Требованиями к такой системе являются наглядность, оперативность и правильность выполняемых расчётов.

Таким образом, деятельность современного производства нуждается в новых автоматизированных программных продуктах, которые включали бы в себя системы повышения эффективности выплаты заработной платы. Поэтому в программной среде 1С: Предприятие 8.2.14 для предприятия ОАО «Красный пролетарий» в г. Стерлитамаке, был спроектирован программный продукт по повышению эффективности выплаты заработной платы (рис. 1).

Общий принцип функционирования программы осуществляется по следующей схеме:

- в конце месяца предприятие получает прибыль, определённый процент денег от прибыли идет на премирование всего предприятия;

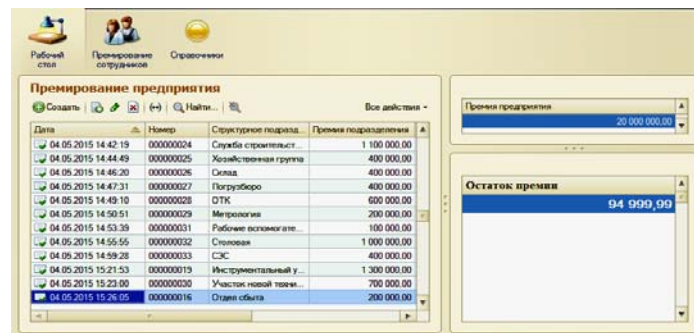


Рис. 1. Рабочий стол программы по повышению эффективности выплаты заработной платы сотрудникам на предприятии ОАО «Красный пролетарий»

- полученная сумма делится в процентном соотношении между структурными подразделениями предприятия;
- аналогичным образом выделенная премия на каждое подразделение делится в процентном соотношении между сотрудниками внутри каждого подразделения.

Программный продукт состоит из трёх уровней.

1. ПЕРВЫЙ УРОВЕНЬ ПРОГРАММЫ

На первом уровне (рис. 2) происходит распределение премии между структурными подразделениями предприятия. Бухгалтерия вбивает все необходимые данные в программу по итогам текущего месяца и вносит необходимые поправки.

Дата	Номер	Предприятие	Структурное подразделение	Премия подразделения	Поправка по премии подраздел.	Примечание по подр.
04.05.2015 14.42.19	00000024	Предприятие ОАО*	Служба строительства	1 100 000,00		
04.05.2015 14.44.49	00000025	Предприятие ОАО*	Хозяйственная группа	400 000,00		
04.05.2015 14.46.20	00000026	Предприятие ОАО*	Склад	400 000,00		
04.05.2015 14.47.31	00000027	Предприятие ОАО*	Погрузочный пункт	400 000,00		
04.05.2015 14.49.10	00000028	Предприятие ОАО*	ОТК	600 000,00		
04.05.2015 14.50.51	00000029	Предприятие ОАО*	Металлология	200 000,00		
04.05.2015 14.53.39	00000031	Предприятие ОАО*	Рабочие вспомогательных групп	100 000,00		
04.05.2015 14.55.55	00000032	Предприятие ОАО*	Словари	1 000 000,00		
04.05.2015 14.59.28	00000033	Предприятие ОАО*	СЭС	400 000,00		
04.05.2015 15.21.53	00000019	Предприятие ОАО*	Инструментальный участок	1 300 000,00		
04.05.2015 15.23.00	00000030	Предприятие ОАО*	Участок новой техники	700 000,00		
04.05.2015 15.26.05	00000016	Предприятие ОАО*	Отдел сбыта	200 000,00		

Рис. 2. Уровень распределения премии между структурными подразделениями программы по повышению эффективности выплаты заработной платы сотрудникам на предприятии ОАО «Красный пролетарий»

После этого директор предприятия может посмотреть данные премирования по всему предприятию.

В окне, приведённом на рис. 2, приведены перечень всех подразделений предприятия и сумма премии, которая выделена на данное подразделение в этом месяце. Также можно увидеть поправку по премии, если она была сделана. По умолчанию поправка равна сумме премии подразделения.

2. ВТОРОЙ УРОВЕНЬ ПРОГРАММЫ

На втором уровне программы премирования (рис. 3) директор либо бухгалтер предприятия вносит непосредственно поправки в премию подразделения либо в премию какого-либо сотрудника и указывает причину той или иной поправки.

При этом премию работника можно увеличить или уменьшить как на определённую сумму, так и на определённый процент в соответствующих столбцах программного окна. Также можно непосредственно указать вид расчёта, т.е. по какому

принципу будет распределяться премия конкретного работника. Возможны два варианта:

- **связь с прибылью:** в этом случае итоговая премия сотрудника рассчитывается в зависимости от премии, выделенной на данное структурное подразделение, и внесённых в эту премию поправок;
- **без связи с прибылью:** итоговая премия работника принимает значение, не связанное с премией всего подразделения, введённое в графу «Премия сотрудника».

В окне, приведенном на рис. 3, также указывается, за какой период происходит начисление премии подразделению и сотрудникам (это соответственно графы: «Базовый период начало» и «Базовый период конец»).

После внесения всех поправок и проведения документа можно перейти на третий уровень программы (рис. 4).

Премирование предприятия 00000004 от 04.05.2015 2:24:35

Провести и закрыть Провести

Номер: 00000004

Дата: 04.05.2015 2:24:35

Предприятие: Предприятие ОАО «Красный пролетарий»

Структурное подразделение: Отдел кадров

Премия подразделения: 300 000,00

Поправка на премию подразделения: 200 000,00

Примечание по подразделению:

Базовый период начало: 01.05.2015

Базовый период конец: 31.05.2015

Добавить

N	Должность	ФИО	Вид расчета	Премия сотрудника	Увеличить премию руб
1	Начальник ОК	Фамилия16	Связь с прибылью	100 000,00	
2	Специалист по кадрам	Фамилия17	Связь с прибылью	100 000,00	
3	Инспектор пропусочного	Фамилия18	Связь с прибылью	100 000,00	

Рис. 3. Уровень распределения премии между работниками программы по повышению эффективности выплаты заработной платы сотрудникам на предприятии ОАО «Красный пролетарий»

Премирование сотрудников

Предприятие: Предприятие ОАО «Красный пролетарий»

Структурное подразделение: Механический цех

Премия подразделения: 800 000,00

Премия подразделения с поправкой: 800 000,00

Примечание по подразделению:

Дата начала базового периода: 01.05.2015 0:00:00

Дата окончания базового периода: 31.05.2015 0:00:00

Период регистрации	Регистратор	Номер строки	Должность	ФИО	Вид расчета	Итоговая премия сотрудника	Примечание по сотруднику
01.05.2015 0:00:00	Премирование	1	Начальник цеха	Фамилия66	Связь с прибылью	100 000,00	
01.05.2015 0:00:00	Премирование	2	Зам. начальника цеха	Фамилия67	Связь с прибылью	100 000,00	
01.05.2015 0:00:00	Премирование	3	Мастер	Фамилия68	Связь с прибылью	100 000,00	
01.05.2015 0:00:00	Премирование	4	Инж. -механик	Фамилия69	Связь с прибылью	100 000,00	
01.05.2015 0:00:00	Премирование	5	Распределитель работ	Фамилия70	Связь с прибылью	100 000,00	
01.05.2015 0:00:00	Премирование	6	Комплектовщик	Фамилия71	Связь с прибылью	100 000,00	
01.05.2015 0:00:00	Премирование	7	Кладовщик	Фамилия72	Связь с прибылью	100 000,00	
01.05.2015 0:00:00	Премирование	8	Уборщик пром. и слоб.	Фамилия73	Связь с прибылью	100 000,00	

Рис. 4. Итоговые расчётные данные программы по повышению эффективности выплаты заработной платы сотрудникам, на предприятии ОАО «Красный пролетарий»

3. ТРЕТИЙ УРОВЕНЬ ПРОГРАММЫ

На третьем уровне отображаются итоговые, рассчитанные программой с учётом всех поправок, данные по премированию подразделения и сотрудников, находящихся в его составе. Эти данные можно вывести в виде отчёта за текущий период или наладить связь с Excel, чтобы все данные шли напрямую туда, и многое другое (всё это можно настроить по усмотрению бухгалтера и директора предприятия).

После внесения всех поправок и проведения документов для каждого подразделения в главном окне программы (см. рис. 1), в окне «Премия предприятия» отображается сумма премии, которая выделена на премирование работников всего предприятия в этом месяце. В окне «Остаток премии» отобразится сумма, которая осталась на предприятии в результате внесения поправок. Она может быть отрицательной, что означает, что большинство поправок было в сторону увеличения премии, и итоговое суммирование премий всех сотрудников предприятия превысило сумму премии, выделенной на премирование всего предприятия в текущем месяце.

После завершения работы с программой премирования предприятия директор или бухгалтер закрывает окно программы, все данные уже сохранены.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, если на предприятии нет связи между прибылью и выплатой премий сотрудникам, с помощью этой программы можно легко наладить этот процесс. Полученные в результате работы с программой данные напрямую попадают в конеч-

ную систему расчётов, что упростит бумажную волокиту. При необходимости можно настроить связи с другими программными продуктами, такими как Excel, Word и т.д., и с другими конфигурациями 1С: Предприятия.

Программный продукт соединил в одну систему различные методы управления персоналом, утерянные многими предприятиями, и при всем при этом он очень прост в работе. Его внедрение позволит повысить качество труда сотрудников, увеличит заинтересованность персонала в конечном результате, повысит прибыль предприятия и наладит качественное производство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Системы искусственного интеллекта: учебное пособие. Часть 1 / Е.А. Муравьёва, М.И. Шарипов, Г.А. Каяшева и др. Уфа, 2015.
2. Сагдатуллин А.М., Муравьёва Е.А., Емекеев А.А. Классическая теория нечёткого управления в контексте методов дефаззификации // Современные проблемы науки и образования в техническом вузе: Материалы II Международной научно-практической конференции. Уфа, 2015. С. 198—204.
3. Сагдатуллин А.М., Емекеев А.А., Муравьёва Е.А. Системно-интегративный подход к автоматизации процессов проектирования и контроля разработки нефтяных месторождений // Нефтяное хозяйство. 2015. № 3. С. 92—95.
4. Муравьёва Е.А., Соловьёв К.А., Султанов Р.Г., Соловьёва О.И. Синтез нечёткого регулятора с заданной многомерной статической характеристикой // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2015. № 1. С. 245—260.
5. Соловьёв К.А., Муравьёва Е.А., Султанов Р.Г., Соловьёва О.И. Синтез нечёткого регулятора для управления соотношением расходов «газ – воздух» на основе режимной карты // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2015. № 1. С. 275—291.
6. Sagdatullin A., Emekeev A., Muravyova E. Intellectual control of oil and gas transportation system by multidimen-

- sional fuzzy controllers with precise terms // *Applied Mechanics and Materials*. 2015. Т. 756. P. 633.
7. **Муравьёва Е.А., Сагдатуллин А.М.** Система управления насосной станции с интерпретацией компенсационной функции совокупностью чётких термов // *Учёные записки Альметьевского государственного нефтяного института*. 2015. Т. XIII. № 1. С. 363—368.
 8. **Шарипов М.И., Муравьёва Е.А., Каяшев А.И., Багров К.А.** Нечёткие когнитивные модели с представлением характеристик концептов совокупностью аргументов двузначной логики // В сборнике: ITIDS+RRS'2014 Proceedings of the 2nd International Conference «Information Technologies for Intelligent Decision Making Support», 2014. С. 18—21.
 9. **Емекеев А.А., Сагдатуллин А.М., Муравьёва Е.А.** Интеллектуальное логическое управление электроприводом насосной станции // *Современные технологии в нефтегазовом деле-2014: Сб. трудов Международной научно-технической конференции*. Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2014. С. 218—221.
 10. **Sagdatullin A., Muravyova E.** Technological processes management by fuzzy controllers with multidimensional precise terms fuzzy regulator // *Молодёжь и современные информационные технологии: Сб. трудов XII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных*. Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2014. С. 305—306.
 11. **Каяшев А.И., Шарипов М.И., Муравьёва Е.А., Багров К.А.** Когнитивные карты с интерпретацией концептов и связей между ними совокупностью аргументов двузначной логики // XII всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014. Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2014. С. 4126—4131.
 12. **Verbally defined processes controlled by fuzzy controllers with input/output parameters represented by set of precise terms / A. Kayashev, E. Muravyova, M. Sharipov et al.** // В сборнике: Proceedings of 2014 International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems – MEACS, 2014. С. 698.
 13. **Соловьёв К.А., Муравьёва Е.А., Султанов Р.Г.** Адаптация нечёткого регулятора // *Нефтегазовое дело*, 2014. Т. 12. № 3. С. 123.
 14. **Соловьёв К.А., Муравьёва Е.А., Султанов Р.Г.** Адаптация нечёткого регулятора // *Нефтегазовое дело*. 2014. № 12-3. С. 123—128.
 15. **Муравьёва Е.А., Сагдатуллин А.М., Емекеев А.А.** Artificial intelligence in objects recognition // *Учёные записки Альметьевского государственного нефтяного института*, 2014. Т. 12. № 1. С. 226—230.
 16. **Муравьёва Е.А., Сагдатуллин А.М., Емекеев А.А.** Моделирование систем автоматизированного электропривода // *Учёные записки Альметьевского государственного нефтяного института*. 2014. Т. 12. № 1. С. 250—258.
 17. **Муравьёва Е.А., Сагдатуллин А.М., Емекеев А.А.** Artificial intelligence and artificial neural network in images recognition // *Материалы научной сессии учёных Альметьевского государственного нефтяного института*. 2014. Т. 1. № 2. С. 98—101.
 18. **Муравьёва Е.А., Шарипов М.И., Маннанов Ф.Ф.** Система автоматизации отопления при помощи инфракрасных обогревателей механического цеха на ОАО «Красный Пролетарий» // *Научные труды SWorld*. 2014. Т. 2. № 4. С. 64—66.
 19. **Муравьёва Е.А.** Автоматизированное управление промышленными технологическими установками на основе многомерных логических регуляторов: Автореф. дис. ... докт. техн. наук. Уфа: Уфимский государственный авиационно-технический университет, 2013.
 20. **Муравьёва Е.А.** Автоматизированное управление технологическими установками на основе многомерных логических регуляторов (на примере процессов термообработки). Уфа: Уфимский государственный авиационно-технический университет, 2013.
 21. **Муравьёва Е.А.** Автоматизированное управление промышленными технологическими установками на основе многомерных логических регуляторов (на примере процессов термообработки): Дис... докт. техн. наук. Уфа: Уфимский государственный авиационно-технический университет, 2013.
 22. **Муравьёва Е.А.** Методология автоматизированного управления многосвязными технологическими процессами, реализованная на многомерных чётких логических регуляторах // *Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы науки и образования в техническом вузе»*. Уфа, 2013. С. 102—107.
 23. **Об одном подходе к математическому моделированию автоматизированных систем управления технологическими процессами на основе миварных технологий / Г.С. Сергушин, М.О. Чибирова, О.О. Варламов и др.** // В кн.: *Системы и средства искусственного интеллекта*. 2013. С. 192—195.
 24. **Информационное моделирование сложных систем управления технологическими процессами на основе миварных АСУТП / Г.С. Сергушин, О.О. Варламов, М.О. Чибирова и др.** // В кн. *Информационная безопасность: Материалы XIII международной научно-практической конференции*. 2013. С. 19—27.
 25. **Муравьёва Е.А., Шарипов М.И., Наянзина Н.В.** Автоматизированная система программной реализации многомерных чётких логических регуляторов // В сб. *Малоотходные, ресурсосберегающие химические технологии и экологическая безопасность: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. Филиал «Уфимского государственного нефтяного технического университета» в г. Стерлитамаке, 2013. С. 305—306.
 26. **О математическом моделировании автоматизированных систем управления на основе миварных технологий / Г.С. Сергушин, М.О. Чибирова, О.О. Варламов и др.** *Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям IS IT'13*. М., 2013. С. 322—325.
 27. **Mathematical modeling of automated control systems based on mivar nets technology / Г.С. Сергушин, М.О. Чибирова, О.О. Варламов и др.** // *Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям IS&IT'13*. 2013. С. 63—64.
 28. **Математическое моделирование автоматизированных систем управления на основе миварных технологий / Г.С. Сергушин, М.О. Чибирова, О.О. Варламов и др.** // *Информация и образование: границы коммуникаций*. 2013. № 5 (13). С. 143—145.
 29. **Каяшев А.И., Муравьёва Е.А., Габитов Р.Ф.** Чёткий логический регулятор для управления технологическими процессами. Патент на изобретение RUS 2445669 15.02.2010.
 30. **Сазонова Т.В., Яппаров Ф.К., Муравьёва Е.А.** Автоклав. Патент на полезную модель RUS 118566 27.02.2012.
 31. **Муравьёва Е.А., Варламов О.О.** Об особенностях реализации миварной концепции в системах управления многосвязными технологическими процессами на основе чётких логических регуляторов // В кн. *Научная сессия НИЯУ МИФИ — 2012 (аннотации докладов)*. 2012. С. 277.
 32. **Прядко П.В., Муравьёва Е.А.** Система управления сушильной печью для цеолитсодержащих катализаторов на основе 5-мерного нечёткого регулятора с интервальной неопределенностью // *63-я научно-техническая*

- конференция студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ: Материалы конференции. 2012. С. 358.
33. **Богданов А.В., Муравьёва Е.А., Сазонова Т.В.** Многомерный чёткий логический регулятор с отработкой производственных правил в ситуационных подпрограммах // Вестник Оренбургского государственного университета, 2012. № 4 (140). С. 248—252.
 34. **Гузайров М.Б., Муравьёва Е.А., Соловьёв К.А.** Компьютерная модель функции выходной мощности паровой винтовой машины // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2012. Т. 16. № 1 (46). С. 106—111.
 35. **Муравьёва Е.А.** Интеллектуальное управление многосвязными объектами, реализованное в ситуационных подпрограммах // Программные продукты и системы. 2012. № 4. С. 145.
 36. **Муравьёва Е.А.** Интеллектуальное управление многосвязными объектами, реализованное в ситуационных подпрограммах // Программные продукты и системы. 2012. № 4. – С. 30.
 37. **Гузайров М.Б., Муравьёва Е.А.** Управление технологическими процессами, реализованное на чётких логических регуляторах // Металлургия и машиностроение: ежеквартальный специализированный информационный бюллетень, 2012. С. 305.
 38. **Каяшев А.И., Муравьёва Е.А.** Проектирование систем управления дискретным производством в среде Trase Mode 6: учебное пособие. Уфа: «Уфимский гос. авиационный технический ун-т», 2011.
 39. **Соломатин А.В., Помазанов А.В., Муравьёва Е.А. и др.** Проект создания интеллектуальной системы управления светофорами для адаптивного регулирования дорожного движения в больших городах // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям. IS&IT'11. 2011. С. 323—325.
 40. **Каяшев А.И., Муравьёва Е.А., Габитов Р.Ф.** Обоснование размерности регулятора для печи прокалики микросферических катализаторов крекинга // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2011. № 10. С. 36—42.
 41. **Каяшев А.И., Муравьёва Е.А., Габитов Р.Ф.** Оптимизация температурного режима прокалики катализаторов крекинга по экономическим показателям технологического процесса // Башкирский химический журнал. 2011. Т. 18. № 2. С. 106—110.
 42. **Каяшев А.И., Полякова Л.Ю., Сазонова Т.В., Муравьёва Е.А.** Чёткий логический регулятор температуры в автоклаве для производства газосиликатных шлакоблоков // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2011. Т. 15. № 2 (42). С. 114—118.
 43. **Guzairov M.B., Gabitov R.F., Kayashev A.I., Muraviova E.A.** Autoregressive neural network for model predictive control of multivariable cracking catalyst calcinatory // Optical Memory & Neural Networks (Information Optics). 2011. Т. 20. No 3. P. 216—223.
 44. **Каяшев А.И., Муравьёва Е.А., Полякова Л.Ю., Сазонова Т.В.** Компенсация взаимного влияния температуры и давления в автоклаве для производства газозоло-силикатных шлакоблоков // Научно-технический вестник Поволжья. 2011. № 3. С. 133—137.
 45. **Габитов Р.Ф., Каяшев А.И., Муравьёва Е.А.** Управление печью прокалики цеолитсодержащих катализаторов крекинга нефтепродуктов методом плавающего горизонта с использованием нейросетевой модели // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2010. № 12. С. 12—19.
 46. **Каяшев А.И., Муравьёва Е.А., Полякова Л.Ю., Сазонова Т.В.** Чёткий логический регулятор температуры в автоклаве для производства газосиликатных шлакоблоков // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2010. Т. 5. № 2. С. 114.
 47. **Каяшев А.И., Муравьёва Е.А., Габитов Р.Ф.** SCADA-система на основе многомерного чёткого логического регулятора для управления цементной печью // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2010. Т. 14. № 4 (39). С. 119—125.
 48. **Муравьёва Е.А., Антипин А.Ф.** Многомерный дискретно-логический регулятор расхода воздуха парового котла с минимизацией времени отклика // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2009. Т. 13. № 2. С. 83—87.
 49. **Муравьёва Е.А.** Интегрированные системы проектирования и управления: учебное пособие. Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет в г. Стерлитамаке, 2008.
 50. **Каяшева Г.А., Муравьёва Е.А., Байманов И.Ф.** Дискретно-логическая система регулирования величины рН электролита в производстве хлора методом электролиза // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2008. № 1. С. 10.
 51. **Каяшев А.И., Муравьёва Е.А., Каяшева Г.А.** Структурная схема нечёткого регулятора на основе лингвистических переменных с чёткими терминами // Программные продукты и системы. 2008. № 4. С. 108.
 52. **Каяшев А.И., Муравьёва Е.А., Каяшева Г.А.** Структурная схема нечёткого регулятора на основе лингвистических переменных с чёткими терминами // Программные продукты и системы. 2008. № 4. С. 34.
 53. **Муравьёва Е.А., Каяшева Г.А.** Нечёткий регулятор с лингвистической обратной связью для управления технологическими процессами. Патент на изобретение RU 2309443 09.03.2006.
 54. **Муравьёва Е.А.** Управление химико-технологическими процессами с идентификацией отклонения термножеством лингвистических переменных // Башкирский химический журнал. 2006. Т. 13. № 3. С. 104—108.
 55. **Каяшев А.И., Муравьёва Е.А.** Синтез логических структур химико-технологических систем на основе последовательностных уравнений // Башкирский химический журнал. 2006. Т. 13. № 3. С. 97—100.
 56. **Чариков П.Н., Кулаков П.А., Шишкина А.Ф.** Управление информационными ресурсами процесса учёта энергетических затрат // Научное обозрение. 2015. № 8. С. 388—393.
 57. **Худайбердин А.Р., Шишкина А.Ф.** Пневматическая подвеска для бюджетного автомобиля // Современная техника и технологии. 2015. № 4 (44). С. 48—52.

Yu.S. Vyazovtsev, M.I. Sharipov, G.A. Kayasheva

Syuri10078@mail.ru; sharipovm@mail.ru; gkaysheva@mail.ru

Sterlitamak branch of Ufa State Petroleum Technological University, Russia

DEVELOPMENT OF DECISION TO IMPROVE EFFICIENCY OF WAGES PAYMENT

SUMMARY

In the software package 1C: Predpriyatye 8.2.14 a program for awarding has developed for the company «Red Proletarian». It has established a link between the wages payment for the employee and the enterprise financial result.

А.Б. Гавриленко, Л.Р. Лабахуа, И.В. Меркурьев, Ву ТхеЧунг Зыап

GavrilenkoAB@mpei.ru; trunggiap@mail.ru

ФГБОУ ВО Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва
Университет Алгарве, Инженерный институт, г. Фаро, Португалия
Государственный технический университет им. Ле Куи Дона, г. Ханой, Вьетнам

РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ МОБИЛЬНОГО РОБОТА С РОЛИКОНЕСУЩИМИ КОЛЕСАМИ

АННОТАЦИЯ

В докладе обсуждаются задачи управления движением мобильного робота с роликонесущими колёсами и многозвенным манипулятором, предназначенного для перемещения грузов и технологических операций при движении по горизонтальной шероховатой поверхности. Построена математическая модель управляемого движения робота с неголономными связями. Проведена оптимизация по быстродействию при движении мобильного робота по программной траектории. Построено управление по оценке состояния, обеспечивающее стабилизацию мобильного робота на программных движениях.

ВВЕДЕНИЕ

Автономный мобильный манипулятор, установленный на колесном шасси, является сложной неголономной электромеханической системой. Задача об управлении движением манипулятора, установленного на подвижном шасси, имеет большое теоретическое и прикладное значение.

Исследования в этой области стимулируются многочисленными приложениями, к которым можно отнести, например, работу в опасной или труднодоступной для человека среде, выполнение операций разминирования, пожаротушения и др.

Успешное функционирование мобильной робототехнической системы невозможно без построения достаточно точной математической модели функционирования в изменяющихся внешних условиях. Разработка алгоритмов автоматического управления, программного обеспечения бортового комплекса управления является одним из этапов решения поставленных прикладных задач. Повышение точности автоматического управления, быстродействия системы, оптимизация конструктивных, силовых и измерительных характеристик подсистем робота является актуальной задачей прецизионного машиностроения.

Разработка и отладка бортовых программ, реализующих алгоритмы решения поставленных перед робототехнической системой задач, существенно ускоряется при математическом или полунатурном моделировании движения робота. Проблемы нелинейной динамики и моделирования движения мобильных роботов рассмотрены в работах [1—7]. Исследованию алгоритмов управления мобильных манипуляторов различных конструкций посвящены, в частности, работы [3—7].

В целях профессиональной подготовки бакалавров и магистров по направлению «Мехатроника и робототехника» в докладе обсуждаются проблемы разработки аппаратно-программного комплекса, предназначенного для математического моделирования и управления движением мобильного робота-манипулятора.

Аппаратная часть комплекса представляет собой мобильную робототехническую систему KUKA youBot, оснащённую многозвенным манипулятором с захватом рабочего инструмента, системой датчиков и электромеханических приводов.

Мобильный робот представляет собой модульную робототехническую систему, специально разработанную для научно-исследовательских и образовательных целей. Для выполнения роботом ряда технологических процедур в автоматическом режиме используется программная часть комплекса, которая образована вычислительной системой робота и разрабатываемыми программами математического моделирования, управления и оценивания движения.

1. КИНЕМАТИКА РОБОТА

Корпус мобильного робота может двигаться в произвольном направлении на плоскости благодаря специальной конструкции роликонесущих колес (меканум-колёс) (рис. 1, 2).

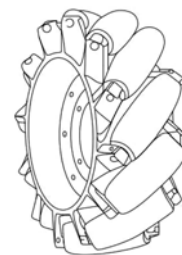


Рис. 1. Меканум-колесо робота

Электродвигатели четырёх ведущих роликонесущих колес создают управляющие моменты вдоль осей, неподвижных относительно корпуса робота. Угловые скорости колёс регулируются автоматической системой управления робота для задания произвольного линейного и углового движения платформы робота на опорной поверхности. Например, для задания продольного движения корпуса необходимо задать вращение ко-

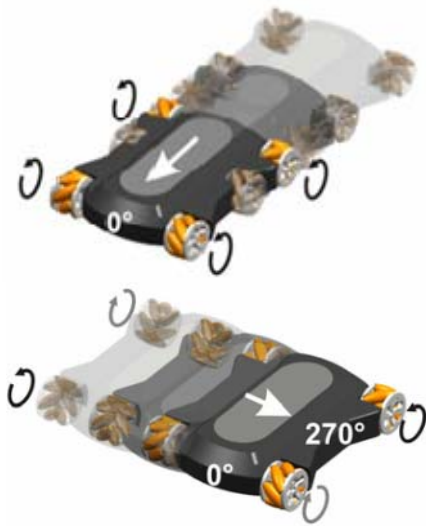


Рис. 2. Движение платформы робота

лёт с одинаковой угловой скоростью в одном направлении, а для бокового движения платформы необходимо задать равные по модулю, но противоположные по направлению скорости вращения соседних колёс (рис. 2). В отличие от обычного колёсного экипажа платформа с роликонесущими колёсами может действовать в стеснённых внешних условиях.

На подвижной платформе робота закреплён манипулятор, имеющий пять степеней свободы и захват для перемещения грузов или удержания рабочего инструмента. Манипулятор приводится в движение с помощью электродвигателей, установленных в сочленениях звеньев манипулятора. На изменение угловых координат звеньев манипулятора накладываются конструктивные ограничения (рис. 3), однако имеющееся конфигурационное пространство робота достаточно для перемещения рабочего инструмента по заданной траектории. Для контроля перемещения звеньев и платформы робота используется система датчиков, измеряющих углы поворотов звеньев манипулятора и колёс платформы.

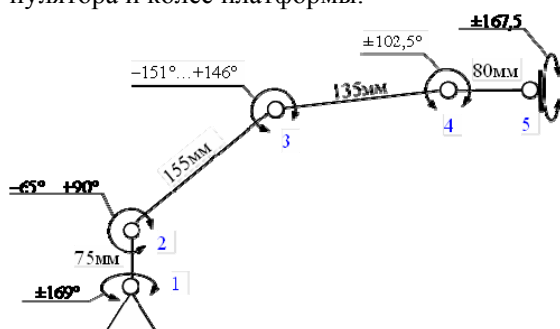


Рис. 3. Кинематическая схема манипулятора

В составе измерительной системы робота также имеются лазерные дальнометры с круговым сектором сканирования, оптико-электронная система стереозрения и микрофонная решетка, позволяющая проводить локализацию источника звука.

2. УРАВНЕНИЯ ДИНАМИКИ РОБОТА

Для описания уравнений движения электро-механической системы с неголономными связями использованы методы неголономной механики. С помощью системы символьных вычислений «Mathematica» получены уравнения движения робота по методике Аппеля и Маджи [1—3].

В докладе обсуждаются методы программного управления движением мобильного робота с роликонесущими колёсами, обеспечивающего произвольное заданное движение платформы робота в плоскости при учёте неголономных связей.

Для описания движения многозвенного манипулятора, установленного на борту мобильной платформы, использован формализм Лагранжа — Максвелла [8—10]. Полученные уравнения позволяют учесть переходные процессы в электроприводах в сочленениях звеньев манипулятора и ведущих колёс робота.

3. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Мобильная платформа и манипулятор управляются бортовым компьютером с операционной системой семейства Linux. Программное обеспечение бортового компьютера робота включает в себя низкоуровневые управляющие программы для сенсоров и двигателей, а также программные оболочки для разработки приложений для управления роботом на языках C++ или Python.

Задание на выполнение технологических процедур может быть получено мобильным роботом-манипулятором по беспроводным каналам связи от стационарного управляющего компьютера, которому также передаются результаты обработки телеметрии мобильного робота.

Применение открытой операционной системы и свободно распространяемого программного обеспечения позволяет подключить любые периферийные устройства (клавиатура, мышь, видеомонитор), дополнительные сенсоры или объекты управления, например рабочие инструменты для манипулятора через стандартные интерфейсы, загружать программы математического моделирования, управления и оценки состояния без использования программатора.

4. АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Для расчёта управляющих воздействий и оценки состояния робота используются кинематические и динамические уравнения движения, уравнения неголономных связей и электропривода. В отличие от имеющейся встроенной системы управления, основанной на кинематической модели движения робота, в докладе предлагаются алгоритмы решения задач оптимизации управляющих воздействий по быстрдействию на основе полных уравнений движения, учитывающих неголономные связи и ограничения на управ-

ляющие воздействия и изменение состояния робота.

Минимизация целевой функции, характеризующей время движения и точность выполнения задачи управления, проводится с использованием метода динамического программирования Беллмана [11—13].

Динамическое программирование достаточно хорошо обосновано для дискретных процессов. Дискретность обусловлена квантованием по уровню и времени всех вычислительных процессов, а следовательно, и дискретным характером сигналов на входе и выходе управляющего компьютера мобильного робота.

В соответствии с принципом оптимальности Беллмана движение оптимальной системы не зависит от предыстории, а определяется текущим состоянием системы и целью управления. Для расчёта управляющих воздействий используется конечное число шагов по времени. На предпоследнем шаге оптимальное управление зависит от текущего состояния системы и определяется из условия минимума частичной суммы функционала, характеризующего время и точность выполнения задачи управления.

Таким образом, определяется и запоминается оптимальное управление в виде обратной связи от вектора состояния. Вычисленное в обратном времени оптимальное управление используется в контуре управления роботом.

Учитывая, что при движении робота обновляется первичная измерительная информация датчиков робота, для оценки вектора состояния робота применим метод оптимальной фильтрации Калмана [13]. Полученную оценку состояния использовать для целей оптимального управления роботом.

5. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

В качестве тестового примера рассмотрено оптимальное по быстродействию движение мобильного робота по прямой. В случае малого отклонения от заданной траектории оптимальное по быстродействию управление напряжениями электродвигателей имеет вид релейной функции от курсового угла.

Для тестирования алгоритмов оценки состояния проведено математическое и полунатурное моделирование движения робота. Заданное программное движение сравнивалось с результатами обработки телеметрии. По отклонениям в измерениях определялись компоненты вектора состояния.

Для апробации программного комплекса были проведены экспериментальные испытания управляемого движения платформы робота по заданной траектории.

Проведенные тестовые испытания показывают адекватность математической модели мобильно-

го робота и высокую точность выполнения поставленных задач.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Аппаратно-программный комплекс, предназначенный для математического моделирования и управления движением мобильного робота-манипулятора используется для решения прикладных задач в различных сферах деятельности, в том числе для выполнения операций в опасной или труднодоступной для человека среде.

Использование аппаратно-программного комплекса в учебных целях для подготовки бакалавров и магистров по направлению «Мехатроника и робототехника» позволяет освоить и применить методы математического моделирования, автоматического управления и программирования.

На примере построенного комплекса могут быть решены задачи проведения теоретических и экспериментальных исследований для разработки новых образцов и совершенствования существующих робототехнических систем, их модулей и подсистем, поиск новых способов управления и обработки информации с применением методов теории оптимального управления и наблюдения, теории эксперимента и методов инженерного проектирования.

Организация и проведение экспериментов на действующих мехатронных и робототехнических системах, их подсистемах и отдельных модулях с целью определения их эффективности и определения путей совершенствования, обработка результатов экспериментальных исследований с применением современных информационных технологий позволяет подготовить высококвалифицированных специалистов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Неймарк Ю.И., Фуфаев Н.А.** Динамика неголономных систем. М.: Наука, 1967. 410 с.
2. **Бурдаков С.Ф., Мирошник И.В., Стельмаков Р.Э.** Системы управления движением колесных роботов. СПб.: Наука, 2001. 256 с.
3. **Мартьяненко Ю.Г.** Управление движением мобильных колесных роботов // *Фундамент. и прикл. матем.* 2005. Т. 11. № 8. С. 29—80.
4. **Интеллектуальные роботы:** учебное пособие для вузов / И.А. Каляев, В.М. Лохин, И.М. Макаров и др.; под общей ред. Е.И. Юревича. М.: Машиностроение, 2007. 360 с.
5. **Юревич Е.И.** Основы робототехники. — 3-е изд. СПб.: БХВ-Петербург, 2010. 368 с.
6. **Zimmermann K., Zeidis I., Behn C.** Mechanics of Terrestrial Locomotion. With a Focus on Non-pedal Motion Systems. London: Springer, 2010. 292 с.
7. **Павловский В.Е., Алисейчик А.П.** Методика исследования динамической комфортабельности движения многоколесного мобильного робота // *Препринт ИПМ им. М.В. Келдыша РАН.* 2010. № 84. 27 с.
8. **Павловский В.Е., Шишканов Д.В.** Исследование динамики и синтез управления колесными аппаратами с избыточной подвижностью // *Препринт ИПМ им. М.В. Келдыша РАН.* 2006. № 12. 28 с.
9. **Ключев В.И.** Теория электропривода. М.: Энергоатомиздат, 2001. 704 с.

10. **Мартыненко Ю.Г., Орлов И.В.** Программное управление движением телескопического манипулятора на подвижной платформе //Вестник МЭИ. 2003. № 5. С. 60—70.
11. **Мартыненко Ю.Г.** Аналитическая механика электромеханических систем. М.: Издательство МЭИ, 1984. 68 с.
12. **Беллман Р., Калаба Р.** Динамическое программирование и современная теория управления. М.: Наука, 1969. 118 с.
13. **Федоренко Р.П.** Приближённое решение задач оптимального управления. М.: Наука, 1978. 486 с.
14. **Введение в динамику управляемых систем /** В.В. Александров, С.И. Злочевский, С.С. Лемак, Н.А. Парусников; под ред. В.В. Александрова. М.: Изд-во МГУ, 1993. 180 с.

A.B. Gavrilenko, L.R. Labakhua, I.V. Merkuryev, Vu The Trung Giap

GavrilenkoAB@mpei.ru; trunggiap@mail.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

University of Algarve Institute of Engineering Faro, Portugal

Le Quy Don Technical University, Hanoi, Vietnam

DEVELOPMENT OF THE HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX FOR TRAFFIC CONTROL OF THE MOBILE ROBOT WITH SWEDISH WHEELS

SUMMARY

This article proposes a motion control study of a mobile robot-manipulator, provided with swedish wheels, and with a multiple links manipulator, designed for the transport of loads in relatively narrow spaces. Was written the robot motion control differential equations, using nonholonomic mechanical systems. The voltage values on the engines determination problem was solved, providing a specific robot programmed movements. Energy cost optimization to move the robot by programmed trajectory was made. A state control system was build in order to stabilize the pre-programmed movements.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ УЧАЩИХСЯ

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются технологии, которые следует реализовывать при разработке мобильных приложений для использования в программах обучения бакалавров и магистров по инженерным специальностям. Одним из ключевых вопросов является осуществление аутентификации студентов при прохождении контроля с задействованием встроенных возможностей современных электронных устройств, доступных на массовом рынке.

ВВЕДЕНИЕ

В работе [1] были сформулированы основные требования, которые предъявляют современные образовательные стандарты к разработке программного обеспечения для проверки знаний обучающихся (на примере курсов направления «Программирование», которые автор ведёт в Московском государственном университете информационных технологий, радиотехники и электроники). Была обозначена необходимость решения задач проверки теоретических и практических знаний и навыков, а также осуществления защиты заданий и результатов от преднамеренного или случайного взлома. Одно из возможных решений будет кратко изложено ниже (детали реализации могут быть найдены в [2]).

Одной из перспективных задач, упомянутых в работе [1], является идея создания мобильного приложения, которое позволило бы избежать необходимость вовлечения в процесс персональных компьютеров (а значит, и специализированных классов) и могло бы быть использовано для дистанционного обучения, а также повышало бы интерес студентов к образовательному процессу. О ключевых идеях, которые необходимо учитывать при разработке, и пойдет речь в настоящей статье.

1. СРЕДСТВО АТТЕСТАЦИИ ДЛЯ НАСТОЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРОВ

В процессе обучения необходимо регулярно отслеживать успешность усвоения материала студентами. При этом требуется учитывать как соответствие приобретенных знаний государственным стандартам, так и проверять специфические аспекты, освещаемые в рамках различных курсов в конкретных учебных заведениях. Для автоматизации процесса аттестации учащихся в [2] было разработано средство электронного автоматизи-

рованного тестирования, построенное на клиент-серверной архитектуре.

В его рамках предполагается создание определенных баз заданий («вопросы — ответы»), которые направлены на проверку знаний учащихся как по итогам всего курса, так и по отдельным темам. При этом отсутствует жёсткая привязка к какой-либо конкретной дисциплине (и даже направлению), что обеспечивает гибкость использования продукта. Отметим, что помимо стандартной тестовой формы, предполагающей выбор правильного ответа из списка вариантов, реализована и возможность внесения информации в текстовое поле.

Вся информация о возможных вопросах и ответах хранится на сервере. Учащиеся получают возможность зарегистрироваться и осуществлять взаимодействие с системой после ввода логина и пароля.

При этом необходимо бороться с угрозой раскрытия информации. Для этого в реализованном средстве аттестации внедрены технологии разграничения прав доступа, двухэтапная авторизация, защита от MitM-атак (атак типа «человек посередине») с использованием обмена информацией по протоколу SSL, а также алгоритм хеширования паролей. Безусловно, потенциальный набор атак на подобные системы может быть гораздо более широким, однако представленное решение должно отвечать, прежде всего, образовательным целям.

Пример интерфейса с модельным набором вопросов широкого профиля для пользователя, проходящего тестирование, изображен на рис. 1.

Данный пример иллюстрирует возможность выбора одного варианта ответа с помощью элемента интерфейса типа «переключатель» («radio button»). Обучающийся может отметить одну из позиций, нажать на кнопку «Ответить» и перейти к следующему вопросу. Кроме того, на каждом этапе тестирования предусмотрена возможность завершить тестирование (с помощью соответствующей кнопки). В нижней части окна расположен индикатор выполнения («progress bar»), показывающий количество пройденных заданий (в процентах).

Разработанная клиентская часть приложения успешно запускалась на компьютерах с наиболее распространенными операционными системами: Windows, MacOS и Linux.

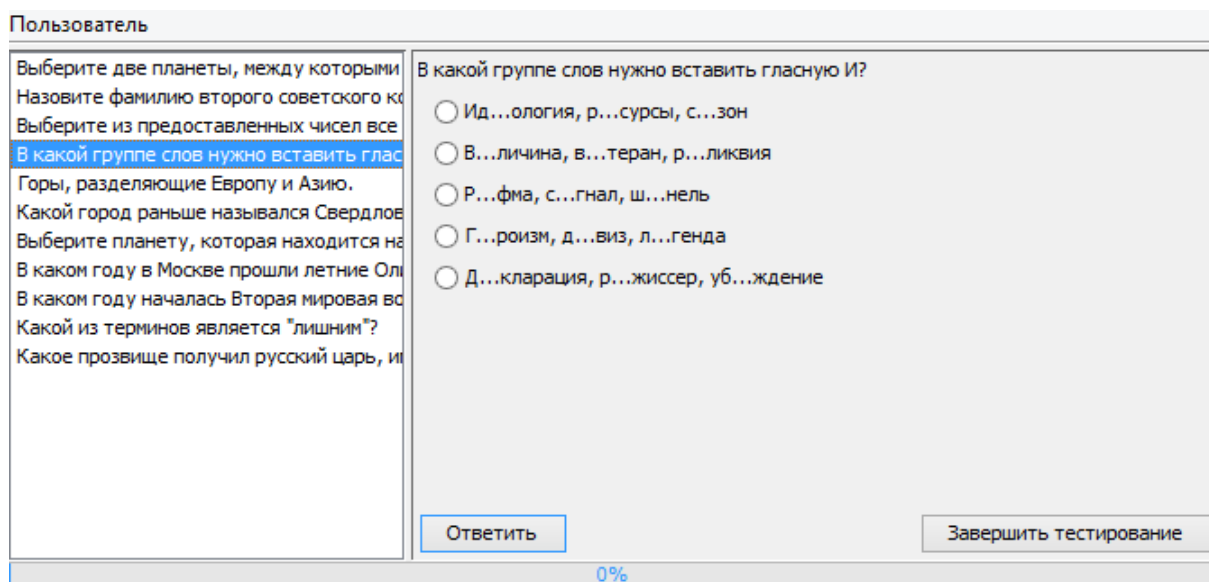


Рис. 1. Интерфейс модуля для учащегося

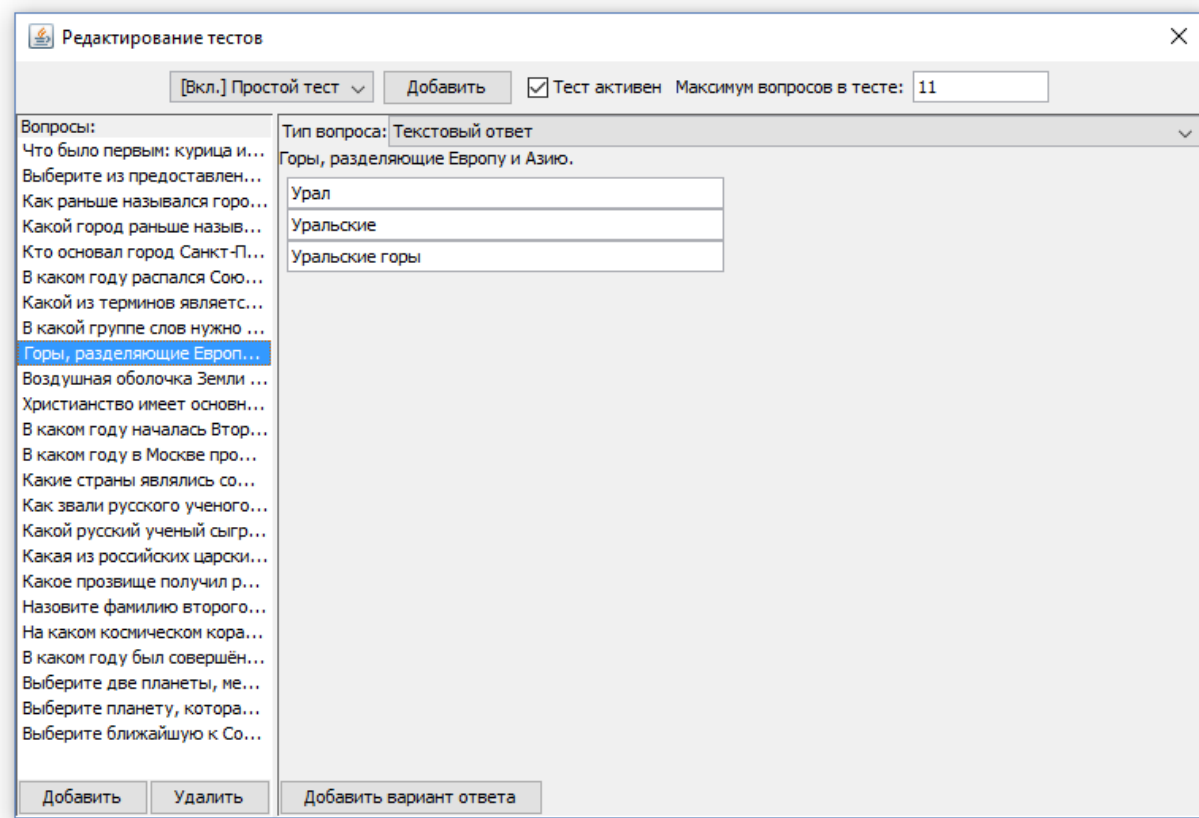


Рис. 2. Интерфейс редактора тестов

На рис. 2 представлен интерфейс для администратора системы, с помощью которого формируются тестовые задания. Стоит отметить большее количество вопросов по сравнению со списком, представленным в клиентском приложении на рис. 1. Тестовые задания для каждого обучающегося формируются автоматически из введенных в базу вопросов, при этом их количество задается в соответствующем поле (на рис. 1 и 2 показаны примеры для 11 тестовых единиц).

Первоначально данная система аттестации была ориентирована, прежде всего, на внедрение

в процесс обучения студентов в рамках курсов IT-направления [1]. Для таких предметов характерно наличие вопросов, ответы на которые необходимо вводить самостоятельно в текстовые поля, а не выбирать из предложенных (иначе выполнение заданий может быть слишком сильно упрощено). Например, при изучении языка Си более предпочтительной представляется формулировка вопроса в форме «Какая функция в стандартных библиотеках предназначена для динамического выделения памяти», а не простой выбор из вариантов «free», «printf», «malloc». На рис. 2

продемонстрировано формирование текстовых полей ответов, которые должны сравниваться с вариантами учащихся. К сожалению, приходится учитывать и определённую небрежность со стороны студентов при выполнении работ, поэтому необходимо предусматривать все правильные по содержанию варианты ответов, даже если они не всегда по форме совпадают с нормами русского языка (например, строчные буквы для имен собственных и т.д.). С другой стороны, подобная вариативность в наборе ответов позволяет создать более гибкий инструмент тестирования с учётом, например, особенностей набора с экранной клавиатуры, что актуально для планшетов на операционной системе Windows.

Как видно из рис. 2, в систему могут добавляться вопросы произвольных тематик, количество тем может быть весьма большим, при этом размер итогового теста может выбираться, исходя из текущих потребностей: представляет ли собой данная мера мероприятие самостоятельную, контрольную или зачётную работу; какое время отводится учебным планом и преподавателем на её выполнение и т.д.

Отметим, что в описываемом средстве аттестации [2] в силу разных причин не в полном объёме реализованы принципы, сформулированные в работе [1]: например, авторизация пользователей осуществляется исключительно с помощью использования схемы «логин-пароль». Несмотря на принятые меры по противодействию возможным угрозам безопасности с точки зрения получения несанкционированного доступа к базе тестовых заданий, при удалённом тестировании не может быть исключено прохождение теста третьими лицами, а также использование дополнительных материалов, что обычно запрещается в условиях стандартных контрольных и зачётов. В данной ситуации возникает задача повышения уровня контроля за обучающимися для дальнейшей корректной оценки их реального уровня знаний. О потенциальных современных путях преодоления указанной проблемы речь пойдёт в следующем разделе.

2. РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ

В связи с широким распространением мобильных устройств (смартфоны, планшеты) и чрезвычайно высоким интересом студентов к ним, весьма разумным кажется задействование возможностей таких решений в учебном процессе. При этом, конечно, вовлечение мобильных решений не должно быть сугубо формальным. Поэтому предлагается идея расширения функционала «настольной» версии аттестационного средства с помощью разработки клиентских при-

ложений для мобильных устройств для каждой из популярных платформ: iOS, Android и Windows.

Содержательные требования (в смысле проверки теоретических и практических знаний) остаются неизменными для мобильных приложений, однако необходимо учитывать специфику физических устройств (например, написание программного кода на смартфоне является более трудоёмким процессом, чем на планшете). При этом появляется возможность задействования встроенных производителями технических решений: камеры, дактилоскопического сканера. Тогда, помимо ввода пары «логин-пароль», обучающийся сможет подтвердить свою личность с помощью биометрических данных. Более того, для фронтальной камеры можно реализовать алгоритм съёмки в случайные моменты времени в процессе теста. Это позволит исключить прохождение контроля третьими лицами. Если камера устройства закрыта, то результаты тестирования следует признать недействительными и назначить переаттестацию. Более подробно данный вопрос должен рассматриваться непосредственно в процессе разработки приложения, так как отправка фотографий на сервер для обработки/контроля связана с повышением объёма используемого обучающимся интернет-трафика. В то же время очевидно, что задача соблюдения стандартов обучения даже в его дистанционных форматах требует дополнительных затрат как с точки зрения вовлечения (и разработки) новых технологий, так и с позиции необходимости привлечения дополнительных инвестиций в образовательный процесс.

Технологии биометрической аутентификации сейчас находят применение во всё возрастающем числе мобильных устройств. Здесь стоит упомянуть TouchID для iOS, Imprint для Android и Windows Hello (включающий возможность распознавания в том числе и радужной оболочки глаза). При этом для разработчиков предоставляется доступ к соответствующим API.

Конечно, на сегодняшний день далеко не все представленные на рынке устройства оборудованы дактилоскопическими сканерами (при этом фронтальные камеры есть в абсолютном большинстве даже бюджетных моделей). Однако маркетинговая поддержка таких технологий компанией Apple, включение в комплект средств разработки для Android 6.0 Marshmallow соответствующих решений в ближайшее время приведут к появлению значительного числа моделей для массового рынка. Среди топовых решений уже сейчас можно указать не менее 30 моделей различных производителей с поддержкой дактилоскопических сканеров (см., например, достаточно подробный обзор устройств <http://webcusp.com/list-of-all-fingerprint-scanner-enabled-smartphones/>). Ниже приводится краткий список производителей, предлагающих в

своей модельной линейке устройства с поддержкой необходимых технологий:

- Apple;
- HTC;
- Huawei;
- Lenovo;
- LG;
- Meizu;
- Motorola;
- Samsung;
- Sony;
- ZTE.

Таким образом, практически все лидеры рынка массовых мобильных устройств стали предлагать поддержку биометрических технологий, что позволяет рассчитывать на появление относительно недорогих и доступных решений в самое ближайшее время.

Необходимо уделить внимание ещё одному потенциально важному для данного проекта вопросу: защите персональных данных и безопасности использования биометрических решений. Дело в том, что получение доступа к личной информации может повлечь, например, финансовые потери. Например, компания Apple уже внедрила использование отпечатка пальца для идентификации и оплаты в онлайн-магазинах iTunes Store, App Store, а также iBooks Store, таким образом, перехват биометрических сведений может быть использован злоумышленниками. Однако тенденции развития данного рынка таковы, что проблемы шифрования, сохранности личных данных и т.п. будут решаться, прежде всего, на уровне корпораций-разработчиков устройств. При этом безопасность идентификации с помощью биометрического сенсора в несколько раз выше по сравнению с четырёхзначным цифровым паролем, который сейчас традиционно используется в качестве ключа разблокировки доступа к мобильным устройствам или приложениям в них.

Таким образом, потенциально возможные уязвимости с точки зрения получения доступа к конфиденциальной информации в рамках предлагаемого к разработке мобильного приложения нужно рассматривать с точки зрения глобального использования биометрических технологий. При этом риск от их использования в ещё одном приложении на устройстве учащегося не повышается, так как для идентификации на сервер может отправляться, например, зашифрованный ключ, не содержащий частной информации. А удобство использования современных технологий, конечно же, неоспоримо.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработка подобных мобильных решений позволит преподавателям повысить заинтересованность студентов в учебном процессе, так как задействует самые современные технологии, к которым обучающиеся привыкли в рамках повседневного использования своих мобильных устройств. Это может благотворно сказаться и на решении вопроса обеспечения дорогостоящими специальными компьютерными классами для учащихся, а также позволит организовать эффективную удалённую проверку знаний (в том числе и в рамках дистанционного обучения). Описанные подходы, направленные на повышение степени информатизации обучения, могут быть успешно внедрены в образовательный процесс в ближайшие несколько лет.

Автор выражает признательность Александру Кучину за подготовку изображений интерфейсов средства аттестации для статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горшенин А.К. О принципах разработки электронных средств аттестации учащихся по курсам направления «Программирование» // Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования ИНФОРИНО-2014» (Москва, 15-16 апреля 2014 г.). М.: Издательство МЭИ, 2014. С. 529—530.
2. Горшенин А.К., Кучин А.С. Об одной реализации автоматизированного средства аттестации // Системы и средства информатики. 2016. Т. 26. Вып. 1. С. 4—18.

A.K. Gorshenin

a.k.gorshenin@gmail.com

Federal Research Center «Computer Science and Control» of the Russian Academy of Sciences,
Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Moscow Technological University», Moscow

SOME ISSUES OF DEVELOPMENT OF MOBILE APPS FOR STUDENT TESTING

SUMMARY

The article considers technologies that should be implemented during a development of mobile applications for using in bachelor's and master's programs in Engineering. One of the key problems is the student's authentication during testing with a help of built-in features of modern electronic devices available on the mass market.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УНИВЕРСИТЕТА

АННОТАЦИЯ

В статье описываются работы по созданию корпоративной информационной системы управления (КИСУ) университета. Приведены основные функциональные модули КИСУ, описаны требования к основным компонентам автоматизированной системы и возможности их интеграции.

ВВЕДЕНИЕ

Подготовка современных инженерных кадров требует в настоящее время существенного развития системы управления университетом с целью мониторинга качества подготовки специалистов, внедрения современных технологий и методов. Подготовка квалифицированного инженера невозможна без широкого внедрения информационно-коммуникационных технологий во все сферы деятельности университета — обучение, проведение научных исследований, управление различными сферами деятельности. Данные задачи позволяют решать интегрированная корпоративная информационная система управления университетом, охватывающая все бизнес- процессы.

1. ТРЕБОВАНИЯ КИСУ НИУ «МЭИ» В ЦЕЛОМ

Процесс функционального развития корпоративной информационной системы управления МЭИ (рис. 1) должен осуществляться за счёт расширения состава и совершенствования правил обработки накапливаемой информации. Процесс нефункционального развития системы управления деятельностью университета должен осуществляться в направлении расширения состава унифицированных системотехнических сервисов



Рис. 1. Информационные системы НИУ «МЭИ»

обеспечивающих подсистем (например, совершенствование средств обеспечения информационной безопасности, мониторинга и управления функционированием).

2. СОСТАВ КИСУ НИУ «МЭИ»

По мнению авторов, КИСУ МЭИ должна создаваться в соответствии со структурной схемой, представленной на рис. 2.

КИСУ МЭИ состоит:

- из прикладных программных комплексов (ППК);
- информационно-аналитической платформы (ИАП);
- центра обработки данных (ЦОД);
- подсистемы облачного доступа (ПОД);
- подсистемы обеспечения;
- информационной безопасности (ПОИБ);
- подсистемы мониторинга и управления функционированием (ПМУФ);
- системы обеспечения жизненного цикла (СОЖЦ).

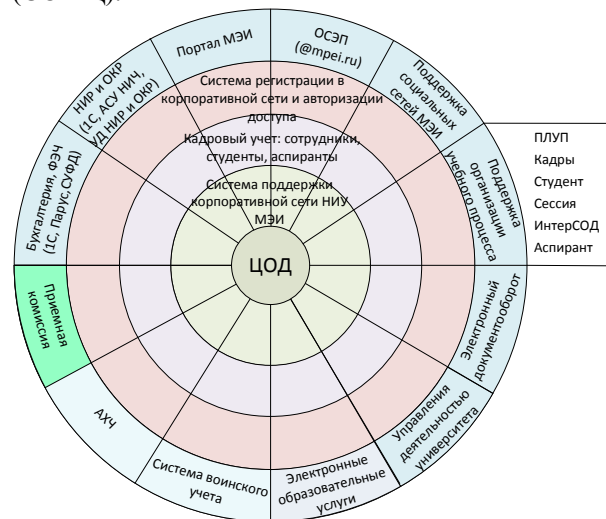


Рис. 2. Структурная схема КИСУ НИУ «МЭИ»

В соответствии с направлениями деятельности вуза в информационной сети вуза можно выделить основные компоненты системы:

- ППК управления организационной структурой и кадрами вуза;
- ППК, поддерживающий организацию набора студентов, аспирантов;
- ППК управления контингентом обучающихся в вузе (в том числе получающих платные образовательные услуги);

- ППК планирования и контроля учебного процесса (от составления графика учебного процесса до сессии, включая расписание);

- ППК — портал вуза;

- ППК поддержки сообщества вуза в социальных сетях;

- ППК оформления документов о высшем образовании (в том числе и общеевропейское приложение к диплому);

- ППК управления снабжением;

- ППК — бухгалтерская система;

- ППК учёта работ и договоров по НИР и ОКР, грантов;

- ППК управления деятельностью университета по показателям и организации электронного документооборота;

- ППК обеспечения финансового планирования.

Компонентный состав может изменяться и уточняться в процессе деятельности вуза.

Каждая из систем должна решать задачи:

- хранение и ведение информации по соответствующему направлению деятельности вуза (например: учёт преподаваемых дисциплин, составление планов обучения, ведение базы данных студентов);

- формирование в соответствии со стандартами всей необходимой документации, сопровождающей деятельность вуза;

- оперативное предоставление информации по нерегламентированным запросам для принятия управленческих решений;

- предоставление корректных данных для построения регламентированных форм при разовых запросах от организаций и ведомств.

- Дополнительно на КИСУ накладывается ряд задач по финансово-экономической и административно-кадровой сфере:

- обеспечение информационного контроля деятельности вуза по основным финансово-экономическим показателям;

- обеспечение автоматизированного бухгалтерского учёта и системы электронного документооборота;

- обеспечение автоматизированного расчёта заработной платы преподавателей и сотрудников и стипендии студентов и аспирантов;

- учёт материальных ценностей и объектов недвижимости;

- обеспечение автоматизированного кадрового учёта преподавателей, сотрудников, студентов и аспирантов;

- обеспечение электронного документооборота, включая контроль исполнения приказов и поручений.

3. ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ УНИВЕРСИТЕТА ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ И ОРГАНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА

Рассмотрим построение ППК на основе информационной системы управления деятельностью университета по показателям и организации электронного документооборота (ППК ИАСиСЭД), который включает в себя следующие функциональные компоненты и модули:

- аналитическое хранилище данных с преднастроенными витринами данных по следующим предметным областям: кадровый учёт постоянного контингента, фонд оплаты труда, кадровый учёт переменного контингента, движение контингента, контроль успеваемости обучающихся, научно-исследовательская работа;

- инструменты разработки витрин данных и коннекторов к источникам данных, включающих визуальный графический редактор;

- инструменты для многомерного анализа данных (OLAP) с поддержкой MDX-запросов и возможностью их корректировки пользователем;

- инструменты разработки статических отчётов с возможностью подгрузки данных из аналитического хранилища;

- визуальные графические инструменты наполнения информационных панелей руководителя;

- модуль управления организационной структурой;

- модуль организации и хранения контента, включающий следующие инструменты:

- загрузка документов в хранилище (через подключение к ППК ИАСиСЭД, как к сетевому диску, службами ETL через API из внешних систем);

- автоматическая конвертация документов в различные форматы (поддержана обработка (выгрузка и загрузка) любых документов в форматах Microsoft Office, OpenOffice, LibreOffice, в XML-формате или формате PDF);

- версионный контроль с быстрым переходом между версиями документа;

- внесение дополнительных атрибутов для документов;

- личный кабинет пользователя с возможностью подготовки и хранения списков избранных документов, с возможностью индивидуальной настройки визуального расположения и состава инструментов рабочей области самим пользователем;

- расстановки меток (tags) для всех единиц электронного хранения;

- настройки процессов автоматической обработки документов;

- система уведомлений пользователей с помощью отправки информационных сообщений по электронной почте с возможностью быстрой настройки новых типов уведомлений через графический редактор бизнес-процессов;
- модуль поиска в базе электронного контента, включающий следующие инструменты:
 - в результатах поисковой выдачи наиболее релевантные результаты должны отображаться первыми (ранжированный поиск);
 - поддержка поисковых запросов различного типа: запрос фразы, wildcard-запросы (уточнение запроса с помощью операндов), поиск интервалов;
 - поиск, основанный на атрибутах документа, таких как заголовок, автор, текст, дата создания/изменения, категория документа;
 - для обеспечения непрерывности работы ИС должна быть возможность одновременного поиска и обновления индекса.

4. ОСНОВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ППК ИАСиСЭД

Интерфейс ППК ИАСиСЭД предоставляет пользователям возможность получения информации как в табличном виде на основе данных параметризуемых отчётов, так и в графическом виде на основе интерактивных элементов, позволяющих визуализировать информацию для удобства принятия управленческих решений в режиме реального времени.

Блок хранения электронного контента и управления его жизненным циклом обеспечивает:

- работу со структурированной и неструктурированной информацией, включая процессы создания, хранения, передачи, публикации, совместной работы и уничтожения информационных ресурсов, а также организацию электронного контента;
- осуществление поисковых запросов по всей базе электронного контента с возможностью параметризации запроса пользователем;
- назначение задач пользователям по созданию, обработке, рецензированию электронного контента с учётом ролевой модели и связи с организационной структурой университета;
- создание и поддержка базы знаний в виде wiki-страниц с возможностью редактирования через встроенный визуальный редактор html-страниц.

Интерфейс ИС также обеспечивает возможность индивидуализации настроек рабочего места пользователя без программирования. Основная рабочая область блока управления контентом позволяет выводить на главную страницу рабочего места пользователя сведения о добавлении/изменении/удалении электронных копий

контента в тех разделах хранилища контента, которые доступны пользователю в соответствии с его ролью и правами; сведения о назначенных пользователю задачах по работе с электронным контентом и сроках их исполнения, а также задачи, назначенные подчиненным пользователям согласно организационной структуре университета.

5. ТЕХНИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ ППК ИАСиСЭД

Система электронного документооборота (СЭД) развернута на системе Alfresco. Alfresco — тиражируемая интегрированная система управления контентом для организаций. Используется для управления документами, записями, веб-публикацией, групповой работой и бизнес-процессами в организации.

Для внедрения СЭД были подготовлены материалы по организационной структуре и кадровому составу университета в формате xml, настроена интеграция с общевузовской системой электронной почты (Microsoft Exchange Server 2007) для отправки уведомлений пользователям об изменениях документов в ИС, а также настроена система аутентификации пользователей СЭД через LDAP (Microsoft Active Directory).

Для обеспечения быстродействия ИС и оптимизации дискового пространства, занимаемого аналитическим хранилищем данных и хранилищем контента и документов, СУБД для хранилища данных поддерживает технологии:

- изменения структуры данных (добавления/изменения/удаления таблиц/колонок/индексов/представлений) без остановки/перезапуска сервера БД;
- поддержка неограниченного количества индексов кластерного типа, содержащих значения всех полей записи (а не только ключей) для каждой таблицы;
- компрессии данных таблиц и индексов при сохранении их на диске;
- соответствие требованиям ACID (Atomicity, Consistency, Isolation, Durability).

Для создания системы управления деятельностью университета по показателям использовалось свободное программное обеспечение для бизнес-анализа Pentaho BI, позволяющее создавать аналитические отчёты с помощью OLAP-кубов, просматривать доступные отчёты, аналитические срезы, информационные панели, созданные другими пользователями или разработчиками, создавать права доступа к определённым отчётам и группам отчётов, планировать расписание показа отчётов пользователям. Pentaho BI обеспечивает обработку OLAP («online analytical processing» — аналитическая обработка в реальном времени) сервером MDX (Multidimensional Expressions — язык запросов для доступа к мно-

гомерным структурам данных) и обработку запросов в оперативной памяти с дозагрузкой обновляемых данных из источников различного типа (файловые, реляционные и другие) непосредственно в момент запроса этих данных.

Серверная архитектура реализованного решения представлена на рис. 3.

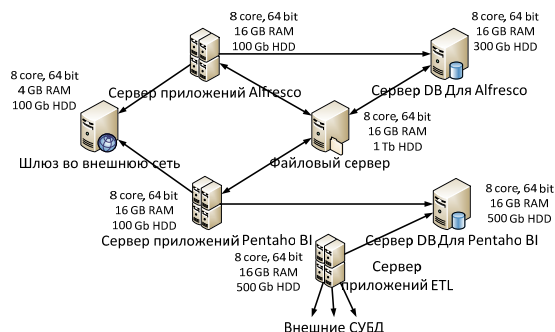


Рис. 3. Серверная архитектура ППК ИАСиСЭД

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье описана структура КИСУ МЭИ, приведены основные требования к системе, а также подробно рассмотрен вариант построения ППК на основе информационной системы управления деятельностью университета по показателям и организации электронного документооборота.

По мнению авторов статьи использование информационной системы управления деятельностью

университета позволит более эффективно решить организационные проблемы, оптимизировать механизмы управления экономической и хозяйственной деятельностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gridina E.G., Ezhov G.A., Murasheva O.V. Interaction Principles of Instrumental Tools for Project Activities with the Portals of Educational Information Resources, 'New Information Technologies and Quality Management (NIT&QM'2013). Materials of the International Scientific Conference / edited by A.N. Tikhonov (chair.) and others; SIIT&T Informika. Moscow: CO LTD «ART-FLASH», 2013. 56 p.
2. Агейкин М.А., Гридина Е.Г., Новопашин М.А. Описание принципов построения полностью децентрализованной системы передачи разнородного контента // Информатизация образования и науки. 2013. № 3(19). С. 57—74.
3. Гридина Е.Г., Агейкин М.А., Ежов Г.А. Создание единой распределённой телекоммуникационной системы профессиональной подготовки и переподготовки кадров // Екатеринбург: ФГАОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2012. С. 118—121.
4. Агейкин М.А., Ежов Г.А. О создании модели единой информационно-аналитической системы подготовки кадров для инновационных отраслей экономики // Информационные технологии в образовании. XX Международная конференция-выставка: Сборник трудов. Ч. II. М.: МИФИ, 2010. С. 6—7.

E.G. Gridina, G.A. Ezhov

GridinaEG@mpei.ru; EzhovGA@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

APPROACH TO THE BUILDING OF ENTERPRISE INFORMATION MANAGEMENT SYSTEM OF THE UNIVERSITY

SUMMARY

The project of the building of enterprise information management system of the university (CIS NRU «MPEI») in order to improve quality of engineering education is presented in this report. Basic units of CIS NRU «MPEI» are given and requirements for main components of automated system and integration capability of them are described.

СТРАТЕГИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён рассмотрению особенностей электронного геометрического моделирования деталей как составной части учебного процесса на кафедре инженерной графики. Предлагаются этапы построения электронной геометрической модели.

ВВЕДЕНИЕ

Информационные технологии активно используются в системе высшего профессионального образования [1]. Главная цель использования информационно-коммуникационных технологий в учебном процессе — выигрыш в качестве материала и времени его усвоения.

Учебная дисциплина «Инженерная графика» — первая дисциплина основной образовательной программы подготовки бакалавров и специалистов в области техники и технологий, в которой используются информационные технологии [2].

Современная начертательная геометрия как теория геометрического моделирования невозможна без построения электронной геометрической модели.

Доклад посвящён рассмотрению электронного геометрического моделирования на кафедре инженерной графики.

1. ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

В широком понимании под моделью подразумевается любой образ (мысленный или условный: изображение, описание, схема, чертёж, график, план, карта и т.п.) какого-либо объекта, процесса или явления («оригинала» данной модели), используемый при определённых условиях в качестве его «заместителя», представителя [3].

Моделирование — это построение моделей объектов (предметов, явлений процессов), существующих в действительности или вновь создаваемых.

Геометрическая модель — это идеальная форма существования реального объекта [4].

Геометрическая модель — это визуально-образная модель. Воспринимаемая трёхмерная визуальная информация о реальном физическом объекте формируется в сознании человека в виде мысленного образа [5].

В инженерных пакетах определение «Моделирование» достаточно широкое понятие, но основной задачей является создание электронного прототипа изделия, т.е. выполнение электронных моделей деталей и электронных моделей сбороч-

ных единиц и изделий в целом. При этом заготовкой для электронного прототипа, в которую закладываются физические и другие характеристики реального изделия является электронная геометрическая модель, т.е. корректно построенные геометрические модели.

2. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПОСТРОЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Современные САПР пакеты настолько насыщены возможностями, что окунувшись в этот мир легко потеряться. Поэтому имеет особенное значение последовательность при создании электронной документации в пакетах САПР.

При использовании САПР основной начальной единицей является электронная модель изделия, а одним из выходов является электронный чертёж.

Основными стандартами на электронную конструкторскую документацию являются стандарты ЕСКД с 2.051 по 2.053. ГОСТ ЕСКД 2.054 ещё в разработке.

Стандарты регламентируют три основных типа представления формы изделия. Наиболее часто используемый — конструктивный твёрдотельный, т.е. представляющий форму изделия как результат композиции заданного множества геометрических элементов с применением операций булевой алгебры к этим геометрическим элементам.

При создании электронных геометрических моделей деталей должны выполняться следующие требования: модель должна быть построена таким образом, чтобы изменения значений размерных зависимостей приводило к предсказуемым изменениям формы модели детали. При этом размерные зависимости не связываются параметрами. И как результирующее является требование к геометрии модели — возможность повторного использования, т.е. возможность внесения изменений и предсказуемого автоматического перестроения модели детали и изделия в целом. При построении геометрии модели участвуют четыре типа ограничений: геометрические, топологические, размерные и аналитические.

Решением задачи геометрического моделирования является стратегия построения геометрических моделей. В основе стратегии три этапа: сбор и анализ исходных данных, выработка решения

построения и непосредственно само построение («сел и сделал»).

Этапы построения электронной геометрической модели детали:

- 1) разбиение детали на элементы, из которых может состоять модель детали;
- 2) определение расположения элементов относительно основных рабочих плоскостей;
- 3) определение размеров для моделирования элементов детали;
- 4) выбор операций для построения элементов модели детали и определение контуров для каждого элемента;
- 5) определение последовательности построения элементов модели детали и количества используемых тел.

На первом этапе, какими бы ни были исходные данные, можно провести анализ геометрии детали по геометрической форме и конструктивной принадлежности. Это позволяет выделить геометрию элементов модели, определить расположение элементов в модельном пространстве, определить размеры формы и положения для каждого элемента.

Далее необходимо выбрать операцию для построения каждого элемента, используя критерии выбора:

- наименьший пересчёт размеров для моделирования при построении контуров элемента модели детали;
- наименьшее количество контуров для построения элемента модели детали.

Данная стратегия твёрдотельного моделирования применима для работы в любом пакете САПР.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В МГТУ им. Н.Э. Баумана активно используются информационно-коммуникационные технологии практически во всех учебных дисциплинах [6]. Обучение студентов построено таким образом, что

уже на первых занятиях на кафедре «Инженерная графика» студенты работают в пакете среднего САПР [7]. Курс полностью обеспечен учебным материалом [8, 9].

В результате будущие бакалавры и специалисты приобретают компетенции, которые позволяют создавать электронные геометрические модели деталей, изделий и сопутствующую электронную конструкторскую документацию.

Эти компетенции студенты используют в дальнейшем в процессе обучения в техническом университете, вплоть до дипломного проекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Информационные** технологии в инженерном образовании / под ред. С.В. Коршунова, В.Н. Гузнецова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. 392 с.
2. **Боровиков И.Ф., Иванов Г.С.** Геометрические преобразования в инженерной геометрии // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электронный журнал. 2015. № 05. С. 334—347.
3. **Якунин В.И., Гузнецов В.Н., Журбенко П.А.** Геометрическое моделирование как междисциплинарный язык // Дискуссия. 2012. № 12. С. 161—166.
4. **Якунин В.И., Гузнецов В.Н.** Геометрическое моделирование как обобщение методов прикладной геометрии и её разделов // Интеграл. 2012. № 5. С. 120—121.
5. **Гузнецов В.Н., Журбенко П.А.** Модель как ключевое понятие геометро-графической подготовки // Alma mater (Вестник высшей школы). 2013. № 4. С. 82—87.
6. **Гузнецов В.Н., Журбенко П.А.** Информационное оснащение аудиторных занятий // Теория и практика общественного развития. 2013. № 12. С. 58.
7. **Гузнецов В.Н.** Геометро-графическое образование в техническом университете // Alma mater (Вестник высшей школы). 2014. № 10. С. 71—75.
8. **Гузнецов В.Н., Демидов С.Г.** Autodesk Inventor в курсе инженерной графики: учебное пособие для вузов. М.: Горячая линия–Телеком, 2009. 144 с.
9. **Гузнецов В.Н., Журбенко П.А.** Autodesk Inventor 2012. Трёхмерное моделирование деталей и создание чертежей: учеб. пособие. М.: ДМК Пресс, 2012. 120 с.

V.N. Guznenkov, P.A. Zhurbenko

vn@bmstu.ru, wln83@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow

STRATEGY OF ELECTRONIC GEOMETRIC MODELING IN EDUCATIONAL PROCESS

SUMMARY

The report is devoted to the features of electronic geometrical modeling details as part of the educational process at the Department of Engineering Graphics. Proposed stages of building electronic geometrical model.

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИРУЮЩИХ ПРОГРАММ ПРИ ОБУЧЕНИИ ИНЖЕНЕРОВ В ОБЛАСТИ ИТ-ТЕХНОЛОГИЙ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён рассмотрению особенностей применения компьютерных моделирующих программ при обучении инженеров в области ИТ-технологий. Анализируются основные направления компьютерного моделирования, являющихся неотъемлемой частью подготовки инженерно-технических работников. Приводятся примеры компьютерных моделирующих программ, используемых в Вологодском государственном университете.

ВВЕДЕНИЕ

Профессиональная направленность в инженерном образовании должна строиться на сочетании общего и профессионального образования с применением новых информационных технологий и в первую очередь компьютерных моделирующих программ. Применение компьютерных моделирующих программ в общеобразовательном цикле имеет важное значение для успешности всего образовательного процесса и призвано повышать эффективность лекционных и лабораторных занятий, обеспечивать на основе моделирования возможность изучения студентами ситуаций, которые в реальной жизни проследить и предсказать достаточно затруднительно.

Среди видов деятельности инженеров в области вычислительной техники, предусмотренных Государственным стандартом высшего образования, важное место занимает проектная деятельность, а именно проектирование вычислительных сетей и систем защиты информации. По мнению И.Б. Федорова, сегодня в мире наблюдается рост спроса на инженеров нового поколения, «разработчиков высоких технологий, владеющих математикой, методами моделирования, информатики, управления» [1].

На базе кафедры автоматики и вычислительной техники Вологодского государственного университета был разработан ряд компьютерных моделирующих программно-алгоритмических комплексов, позволяющих выполнять моделирование в области вычислительных сетей и защиты компьютерной информации.

1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ В РАМКАХ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Методологическая основа моделирования — диалектико-материалистический метод познания и научного исследования. Модель — это объект-заместитель объекта-оригинала, обеспечивающий

изучение некоторых свойств оригинала. Замещение одного объекта другим с целью получения информации о важнейших свойствах объекта-оригинала с помощью объекта-модели называется моделированием. Таким образом, моделирование может быть определено как представление объекта моделью для получения информации об этом объекте путём проведения экспериментов с его моделью [2].

Если результаты моделирования подтверждаются и могут служить основой для прогнозирования процессов, протекающих в исследуемых объектах, то говорят, что модель адекватна объекту. При этом адекватность модели зависит от цели моделирования и принятых критериев.

Математическое моделирование — процесс установления соответствия данному реальному объекту некоторого математического объекта, называемого математической моделью, и исследование этой модели, позволяющее получать характеристики рассматриваемого реального объекта. Вид математической модели зависит как от природы реального объекта, так и от задач исследования объекта и требуемой достоверности и точности решения этой задачи. Любая математическая модель, как и всякая другая, описывает реальный объект лишь с некоторой степенью приближения к действительности. Математическое моделирование для исследования характеристик процесса функционирования систем можно разделить на аналитическое, имитационное и комбинированное [2].

Для аналитического моделирования характерно то, что процессы функционирования элементов системы записываются в виде некоторых функциональных соотношений (алгебраических, интегро-дифференциальных, конечно-разностных и т.п.) или логических условий. Аналитическая модель может быть исследована следующими методами: а) аналитическим, когда стремятся получить в общем виде явные зависимости для искомых характеристик; б) численным, когда не умея решать уравнения в общем виде стремятся получить числовые результаты при конкретных начальных данных; в) качественным, когда не имея решений в явном виде можно найти некоторые свойства решения (например, оценить устойчивость решения).

При имитационном моделировании реализующий модель алгоритм воспроизводит процесс функционирования системы S во времени, при-

чём имитируются элементарные явления, составляющие процесс, с сохранением их логической структуры и последовательности протекания во времени, что позволяет по исходным данным получить сведения о состояниях процесса в определённые моменты времени, дающие возможность оценить характеристики системы S [2].

Основным преимуществом имитационного моделирования по сравнению с аналитическим является возможность решения более сложных задач. Имитационные модели позволяют достаточно просто учитывать такие факторы, как наличие дискретных и непрерывных элементов, нелинейные характеристики элементов системы, многочисленные случайные воздействия и др., которые часто создают трудности при аналитических исследованиях. В настоящее время имитационное моделирование — наиболее эффективный метод исследования больших систем, а часто и единственный практически доступный метод получения информации о поведении системы, особенно на этапе её проектирования.

Комбинированное (аналитико-имитационное) моделирование при анализе и синтезе систем позволяет объединить достоинства аналитического и имитационного моделирования.

Таким образом, использование моделирующих программ различного назначения, в том числе и учебного, нацелено на совершенствование использования учебного времени за счёт применения рациональной совокупности методов, приёмов и средств обучения, ориентированных на познавательную активность и формирование устойчивых навыков самостоятельной работы.

Применение моделирующих программ позволяет добиваться повышения объективности контроля за сложной и многогранной профессионально направленной деятельностью студентов и имеет большую актуальность.

Далее будут представлены наиболее интересные, с позиции применения, программные комплексы.

2. МОДЕЛИРУЮЩИЙ КОМПЛЕКС ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Это комплекс лабораторных работ, с помощью которого можно будет проектировать и отслеживать работу сети топологии Ethernet с методом доступа к данным CSMA/CD, на основе протоколов коммутации и маршрутизации TCP/IP. В состав сети могут входить сетевые устройства, такие как компьютер (Workstation), концентратор (HUB), мост (Bridge), коммутатор (Switch) и маршрутизатор (Router). Число сетевых устройств в проектируемых сетях может колебаться от двух до двухсот пятидесяти пяти.

Атаки в сети могут проводиться на различных уровнях эталонной модели взаимодействия открытых систем. В комплексе лабораторных работ

предусматривается рассмотрение наиболее распространённых атак (рис. 1). Это атаки на протокол TCP транспортного уровня (конкретно атака SYN-flooding), атаки на протоколы сетевого уровня IP (это атака с помощью фрагментированного пакета), ARP (ложный ARP ответ) и атака на межсетевой экран.



Рис. 1. Структурная схема лабораторного комплекса

Обобщённая структура лабораторного комплекса представлена на рис. 2.



Рис. 2 Структура лабораторного комплекса

Комплекс позволяет создавать и моделировать сложные структуры вычислительных сетей на базе технологии Ethernet, выполнять анализ конфигурации и изменение IP-адресов (рис. 3).



Рис. 3. Окно моделирования

Для удобства работы в программе создан простой интуитивный графический интерфейс, позволяющий легко добавлять и удалять компоненты, устанавливать соединения между компонентами, задавать и изменять параметры устройств (например, настройка параметров сетевого фильтра на коммутаторе).

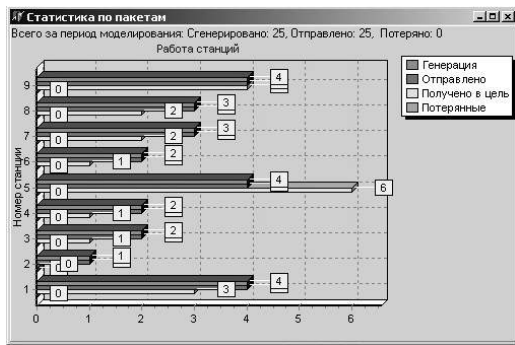


Рис. 4. Статистика по пакетам

Большинство действий сопровождается комментариями в строке состояния или подсказками. Также выводятся окна с сообщениями об ошибках.

Результаты моделирования можно отслеживать по таким параметрам, как статистика по пакетам (рис. 4), загрузка узлов и каналов.

В ходе выполнения моделирования студент может выбрать станцию-отправитель (сервер-отправитель) и станцию-получатель (сервер-получатель), задать количество запросов на соединение, пронаблюдать реакцию сервера после приёма пакетов (например TCP-пакетов). Программа позволяет отследить остановку движения пакетов, посланных серверу, скачок уровня загрузки буфера коммутатора после восстановления сервера.

3. ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ПЕРЕХОДА ОТ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ К ИМИТАЦИОННОЙ

Это программно-алгоритмический комплекс перехода от математической модели, построенной на базе модифицированных E-сетей, к имитационной модели на языке моделирования GPSS. Данный комплекс активно используется при изучении таких дисциплин, как «Компьютерные сети» и «Защита информации».

Комплекс состоит из следующих компонентов: человеко-машинного интерфейса и Help-службы.

В качестве решающе-обрабатывающего элемента используется программа, работающая в среде Windows-XXxx. Программный интерфейс для ввода модели, построенной на базе модифицированных E-сетей, реализован в виде редактора (рис. 5).

Комплекс содержит библиотеку предварительно построенных объектов, которые графически представляют агенты модели. Использование этих объектов значительно сокращает время на разработку новых моделей.

В программе используются следующие объекты: множество узлов — позиция, разрешающая позиция, поглощающая позиция (P), множество дуг (D), множество переходов (H), множество

агентов (A), множество генераторов (G), множество очередей (Q).

Обязательными параметрами позиции являются имя позиции, которое не должно содержать букв русского алфавита и должно являться стандартными числовыми атрибутами языка GPSS, а также состояние позиции на момент начала моделирования («занято» — 1, «свободно» — 0) [3].

Каждая позиция характеризуется по меньшей мере двумя состояниями, одно из которых имеет смысл «позиция занята», а другое — «позиция свободна». Позиция считается занятой, если в ней находится по крайней мере один объект. В противном случае позиция свободна.

Запись $S(x)$ обозначает состояние позиции x . Для так называемых простых позиций состояние $S(x)$ имеет только два значения: 0 и 1, причём 1 означает наличие объекта в позиции, а 0 — его отсутствие.

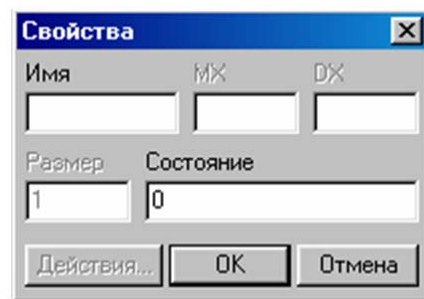


Рис. 5. Вид формы редактирования свойств для позиции

Особым типом позиции является разрешающая позиция. Обязательными параметрами разрешающей позиции являются имя разрешающей позиции, которое не должно содержать букв русского алфавита, а также являться стандартными числовыми атрибутами языка GPSS.

Состояние такой позиции может характеризоваться целым положительным числом или быть неопределённым, при этом оно обозначается символом \emptyset .

Процесс моделирования обеспечивается посредством перемещения объектов в моделирующей сети из одной позиции в другую. Механизм перемещения реализуется с помощью активизации переходов, с каждым из которых ассоциируется определённая временная задержка и зависящее от данного перехода преобразование, выполняемое над атрибутами перемещаемых объектов. Обязательными параметрами перехода являются имя перехода, которое не должно содержать букв русского алфавита, а также являться стандартными числовыми атрибутами языка GPSS, в данном комплексе реализован равномерный закон обработки транзактов, т.е. обязательно нужно ввести среднее квадратическое отклонение и дисперсию.

Обязательными параметрами очереди являются имя очереди, которое не должно содержать букв русского алфавита и должно являться стан-

дартными числовыми атрибутами языка GPSS, максимальная ёмкость очереди, задаваемая в поле размер, а также количество объектов в очереди на момент начала моделирования.

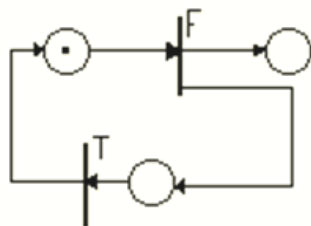


Рис. 6. Реализация генератора на базе модифицированных Е-сетей

Генератор представляет собой соединение F- и T-переходов и предназначен для создания объектов.

Обязательными параметрами генератора являются имя генератора, которое не должно содержать букв русского алфавита, а также являться стандартными числовыми атрибутами языка GPSS, в данном проекте реализован равномерный закон генерации транзактов, т.е. обязательно нужно ввести среднее квадратическое отклонение и дисперсию.

Объекты, используемые в программе имеют заранее определённую структуру, представленную на рис. 7 и 8.

Вид узла (позиция, разрешающая позиция, поглощающая позиция)	Позиция	Решающая позиция
Координата по оси X	186	107
Координата по оси Y	110	134
Наименование узла	P2	R3
Процедуры решающих позиций	-	$\psi_3(r_3) = r_3: (p_2 = 1 \rightarrow M(r_3) = 1; p_3 = 2 \rightarrow M(r_3) = 2);$
состояние позиции	0	1
память	-	2

Рис. 7. Структура используемого в программе узла

E.N. Davidova

Davidova_EN@mail.ru
Vologda state university

APPLICATION OF THE MODELLING PROGRAMS WHEN TRAINING ENGINEERS IN THE FIELD OF IT TECHNOLOGIES

SUMMARY

The report is devoted to consideration of features of application of the computer modeling programs when training engineers in the field of IT technologies. The main directions of computer modeling, being an integral part of training of technical officers are analyzed. Examples of the computer modeling programs used at the Vologda state university are given.

Координата по оси X	275
Координата по оси Y	128
наименование очереди	p1
состояние	0
размер очереди	10

Рис. 8. Структура используемой в программе очереди

Создание новых моделей возможно как «с нуля», так и с помощью уже заранее созданными моделями агентов (достаточно выбрать агент, ввести необходимые параметры для его построения) или переходов и последующего редактирования уже созданных моделей.

Завершающим этапом построения модели системы безопасности в сетях передачи данных будет запуск процесса перехода от модели на базе модифицированных Е-сетей к имитационной модели на GPSS.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Федоров В.А.** Организационно-педагогические условия обеспечения непрерывности профессионально-педагогического образования // Образование и науки. 2000. № 3 (5). С. 29—40.
2. **Советов Б.Я., Яковлев С.А.** Моделирование систем: учебник для вузов. М.: Высш. шк., 1985. 271 с.
3. **Шрайбер Т.Д.** Моделирование на GPSS. М.: Машиностроение, 1980.

РОЛЬ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ В СИСТЕМЕ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ БАКАЛАВРОВ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён обсуждению путей интенсификации процесса обучения бакалавров инженерным дисциплинам. Анализируются возможности использования технологий трёхмерной компьютерной графики как инструмента освоения дисциплин профессионального цикла. В качестве примера рассмотрено построение цилиндра четырьмя операциями 3D-моделирования.

ВВЕДЕНИЕ

Сложившаяся в России система инженерного образования долгое время была одной из лучших в мире. Учебные планы образовательных программ были отшлифованы десятилетиями, количество часов, отводимых на изучение каждого цикла, доведено до оптимального.

Присоединение России в 2003 году к Болонской декларации вынудило вузы перейти на систему подготовки бакалавров, сократив обучение до четырёх лет. Кроме того, в современном российском образовании произошло изменение вектора высшего технического образования в сторону его гуманитаризации, вследствие чего увеличилась доля дисциплин гуманитарного цикла. Соответственно доля инженерных и естественно-научных дисциплин уменьшилась.

Перед вузами встала задача повысить интенсивность процесса обучения бакалавров, чтобы уровень их профессиональной подготовки не слишком отличался от уровня подготовки полноценного инженера.

1. ПРИСОЕДИНЕНИЕ РОССИИ К БОЛОНСКОЙ ДЕКЛАРАЦИИ

Учебные планы образовательных программ для подготовки российских инженеров и специалистов технической сферы в течение многих лет содержали достаточное количество часов, отведённых на изучение естественных и профессиональных дисциплин.

За пять лет (отдельные специальности — пять с половиной или шесть лет) обучения свежеспечённый инженер приобретал не только фундаментальные знания во всех отраслях, необходимые ему для реализации инженерной деятельности в выбранной им отрасли, но и успевал осознать междисциплинарные связи, проделав некоторые лабораторные и/или курсовые работы на стыке разных наук. В результате такого подхода к системе обучения выпускник был готов к проработ-

ке законченной идеи в дипломной работе, объём которой был весьма значительным. Например, выпускник кафедры «Технология машиностроения» в качестве дипломной работы мог рассчитывать на коробку скоростей или коробку передач.

Вследствие присоединения России к Болонской декларации систему нашего пятилетнего высшего образования заменили на систему бакалавриата (четыре года). Результат этого — резкое уменьшение объёма часов на общеинженерные дисциплины, такие как высшая математика, сопромат, начертательная геометрия, теоретическая механика, детали машин и механизмов и т.п. Некоторые дисциплины вообще не попали в учебные планы бакалавров и оказались в программе магистратуры. Вследствие этого выпускная квалификационная работа бакалавра имеет существенные отличия от дипломной работы специалиста не только по объёму, но и содержанию и структуре. Бакалавр, получивший диплом, может поступить в магистратуру для продолжения образования в течение двух лет.

Правда, далеко не все бакалавры имеют намерение продолжать обучение в магистратуре, поэтому российский рынок труда наполняется выпускниками технических вузов гораздо более низкой квалификации, знакомыми лишь с основами естественно-научных дисциплин и весьма относительно представляющими себе работу на стыке различных отраслей науки и техники. Современное же производство как раз и имеет ту особенность, что ему нужны не узконаправленные специалисты, а инженеры, понимающие взаимную связь разных отраслей науки и их взаимное проникновение друг в друга. Именно в результате этого и удастся достичь эффекта синергизма в производственных процессах.

Работа по другим принципам в современном мире стремительно развивающихся технологий не позволит выдержать российским предприятиям конкуренцию на международном рынке производственных изделий и технологий. Поэтому перед вузами встала задача максимально интенсифицировать процесс обучения бакалавров.

Одним из инструментов интенсификации может стать информатизация образования. Здесь могут использоваться разные методы: повышение наглядности трудных для понимания и/или лабораторного воспроизведения ситуаций (демонстрация трёхмерных или анимированных изоб-

ражений на лекциях и практических занятиях); использование компьютера для ускорения и облегчения процесса выполнения графических работ и разного рода чертежей; доступ к электронным библиотекам и базам данных (существенное уменьшение времени на поиски необходимой информации) и т.п.

Работа студентов с компьютером претерпела определённые изменения. В последние годы трёхмерная графика стала настолько распространённой и доступной, что обучение студентов построению двумерных чертежей на компьютере имеет смысл только с методической точки зрения. Обучение их твёрдотельному моделированию — неотъемлемая часть обучения бакалавров. Причём знакомство с компьютерной графикой происходит чаще всего в процессе изучения дисциплин графического цикла либо информатики, а они изучаются на начальных курсах.

Использование этого инструмента сможет помочь в дальнейшем при обучении бакалавров дисциплинам естественно-научного и профессионального циклов.

2. ОПЕРАЦИИ ТРЁХМЕРНОЙ ГРАФИКИ

В арсенале компьютерной графики всего четыре типа операций трёхмерного моделирования: выдавливание, вращение, кинематическая операция (сдвиг) и операция по сечениям. Каждая из них реализует способ построения твёрдотельной модели, существенно отличный от трёх других.

Рассмотрим каждую операцию на примере построения цилиндра (рис. 1). Для построений используем КОМПАС-3D. В результате применения каждой операции получится один и тот же объект — цельнометаллический цилиндр. Однако количество действий и времени, затраченных на его построение, будут существенно различаться.

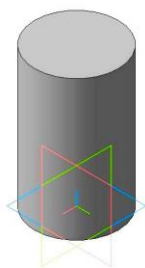


Рис. 1. Цилиндр

Вращение формирует объект, вращая плоскую образующую вокруг заданной оси (рис. 2). При этом необходимо построить только образующую и ось вращения. Если ось вращения параллельна одной из координатных осей, то её можно не изображать, а задать указанием. Но цилиндр может получиться тонкостенным (с полостью внутри), поэтому необходимо проверить на панели свойств, чтобы не было режима тонкой стенки.

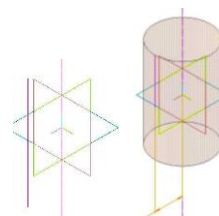


Рис. 2. Шаги операции «Вращение»

Выдавливание формирует объект, перемещая плоскую замкнутую образующую в направлении, перпендикулярном плоскости построения образующей (рис. 3). При этом необходимо только построить образующую и задать длину и направление перемещения (на панели свойств). Отсутствие тонкой стенки здесь гарантировано.

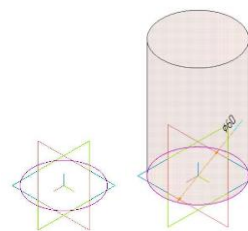


Рис. 3. Шаги операции «Выдавливание»

Кинематическая операция (сдвиг) (рис. 4) формирует объект, перемещая плоскую замкнутую образующую в заданном направлении. При этом необходимо построить образующую, построить направляющую и определить совокупность элементов для взаимного перемещения.

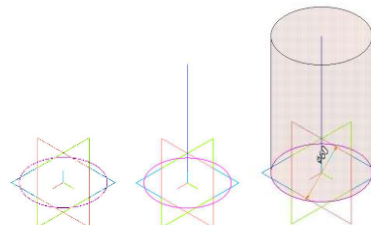


Рис. 4. Шаги «Кинематической операции»

Операция **по сечениям** (рис. 5) формирует объект, соединяя сплайнами последовательно расположенные сечения. Для этого необходимо создать нужное количество плоскостей для построения сечений, построить сечение (окружность), поместить сечение (окружность) в конкретное место каждой плоскости. По количеству действий и времени данная операция самая затратная.

При моделировании сложных технических поверхностей в каждом конкретном случае используется определённая операция. Строить цилиндр с помощью операции по сечениям конечно нелепо. Однако это упражнение позволяет студентам понять принцип действия каждой операции и выяснить параметры, влияющие на процесс моделирования при данном способе формообразования твёрдотельного объекта (или тонкостенной дета-

ли), а также использовать на практике знания о различных поверхностях и способах их образования, приобретённые в курсе начертательной геометрии.

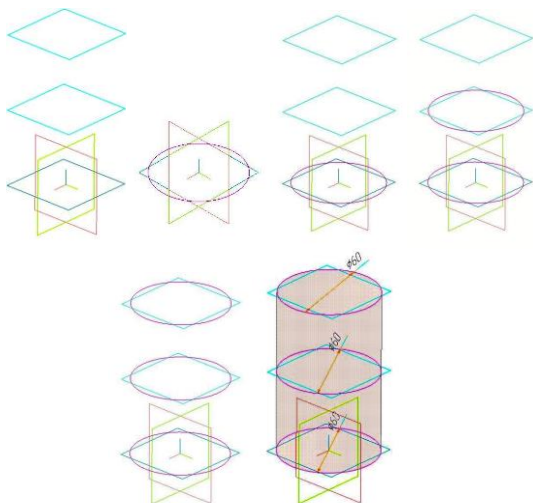


Рис. 5. Шаги операции по сечениям

3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА»

Использование трёхмерной графики в процессе изучения бакалаврами дисциплины «Инженерная графика» может быть весьма успешным.

Учитывая отсутствие начальной подготовки по черчению (в связи с исключением его из школьной программы) и значительные ограничения во времени, отводимом на изучение дисциплин графического цикла, студенты зачастую не успевают осознать, как же пространственные объекты проецируются на плоскости проекций.

Для понимания графического изображения нужен некоторый навык как построения, так и чтения чертежа, а также время, чтобы привыкнуть к работе с ортогональными проекциями. Неудивительно, что построение чертежей по наглядным изображениям вызывает большие затруднения если не у большинства студентов, то у многих (иногда — у трети студентов группы, если же проходной балл невысок — у половины студентов).

Трёхмерная графика в этом случае может помочь студенту в зрительном восприятии как пространственной формы, построенной по чертежу, так и ортогональной проекции, полученной при проецировании детали, которая может содержать разные элементы (цилиндр, отверстия, резьбу, фаску, буртик, лыску и т.п.).

Ещё один момент, когда трёхмерное моделирование может оказать большую пользу студентам в изучении инженерной графики — это размеры. Почти всегда на начальном этапе освоения дисциплины студенты испытывают большие за-

труднения при расстановке размеров на чертеже детали. Самостоятельное построение твёрдотельной модели позволяет студентам лучше понять, какие размеры на чертеже важны, почему именно их необходимо указывать на рабочем чертеже детали.

4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИН «ИНЖЕНЕРНЫЕ ОСНОВЫ ОБЪЁМНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ» И «ПРОЦЕССЫ И ОПЕРАЦИИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ»

Далеко не все пространственные формы можно получить, используя любой из четырёх способов твёрдотельного моделирования. Но нередко существует возможность выбора между несколькими (двумя или даже тремя) вариантами построений. Какой же из них будет предпочтителен?

Прежде чем учить студентов выбирать оптимальный (с определённой точки зрения) вариант, сначала надо продемонстрировать студентам все возможные способы моделирования, а затем дать возможность выполнить эти построения самостоятельно; проанализировать вместе со студентами трудоёмкость каждого способа: количество затраченного времени, сложность построения эскиза, количество задаваемых параметров. Построения, выполненные для нескольких различных поверхностей, приблизят студентов к пониманию критериев, влияющих на выбор оптимального способа построения 3D-модели.

Способы построения трёхмерной модели в каждом конкретном случае должны определяться не столько простотой выполнения, сколько типом операции формообразования конкретной детали. Это обусловлено тем, что КОМПАС-3D сохраняет в памяти последовательность выполненных действий, отображая её в Дереве модели. Каждое действие подразумевает возможность дальнейшего редактирования и/или удаления, что делает удобным корректировку формы или размеров детали в случае необходимости. Эта последовательность шагов построения детали позволяет автоматизировать программирование технологического процесса для станков с ЧПУ, так как каждый шаг содержит информацию о способе и размерах формообразования каждого элемента. Следовательно, при построении твёрдотельной модели студент должен выбрать тип операции, соответствующий способу формообразования детали на конкретном станке.

Например, если цилиндр будет обрабатываться на шлифовальном станке (профиль шлифовального круга соответствует образующей цилиндра), то сформировать модель цилиндра нужно при помощи операции *вращение*. Если же формообразование цилиндра будет проводиться по принципу токарного станка (перемещение резца вдоль оси станка), то для получения модели

цилиндра необходимо использовать операцию *выдавливание* и т.п.

После того как студенты в достаточной степени овладели навыками построения эскизов, рабочих чертежей и твёрдотельных моделей, они готовы выйти на качественно новый уровень использования твёрдотельного моделирования. На этом этапе бакалаврам-машиностроителям нужны знания возможностей и номенклатуры инструментария, а также представление о способах обработки металла резанием.

На средних курсах (в основном 3—5 семестры) бакалаврам машиностроительных направлений преподаются основы процессов формообразования сложных поверхностей деталей при их обработке лезвийным инструментом. При вполне естественном отсутствии у них навыков производственной деятельности и собственного опыта работы на металлообрабатывающем оборудовании, не все студенты могут воспринять нюансы описываемых процессов.

Эффективный способ добиться более глубокого понимания студентами изучаемых процессов — предложить студентам самостоятельно визуализировать процесс металлообработки лезвийным инструментом с помощью трёхмерного моделирования. Для этого достаточно включить в задания по дисциплинам «Процессы и операции формообразования», «Инженерные основы объёмного моделирования» и т.п. создание презентации, в которой визуализируется конкретная операция металлообработки.

Для создания презентации студенту необходимо построить твёрдотельные модели заготовки

и лезвийного инструмента. Заготовку нужно выполнить в нескольких вариантах:

- начальная форма заготовки;
- частично обработанная заготовка (визуализация промежуточных этапов формирования детали);
- окончательная форма детали (по окончании процесса обработки).

Для построения сборки из обрабатываемой заготовки и резца в КОМПАС-3D студент должен воспроизвести взаимное сопряжение поверхностей заготовки и режущего инструмента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Информатизация проникла во все сферы современной системы образования, что позволяет нам использовать её положительные стороны для минимизации снижения уровня подготовки выпускников технических вузов из-за перехода на систему подготовки бакалавров.

Компьютерная графика объективно может интенсифицировать процесс подготовки бакалавров при изучении дисциплин, связанных с моделированием сложных пространственных форм и их проектированием на плоскость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Большаков В., Бочков А.** Основы 3D-моделирования. СПб.: «Питер», 2012. 304 с.
2. **Данилова Е.А., Приказчиков С.Я.** Введение в специальность для студентов машиностроительных направлений обучения при преподавании компьютерной графики // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции «Наука, образование, общество». Ч. III. 1 августа 2014 г. М.: АР-Консалт, 2014. С. 16—17.

E.A. Danilova

lenochka240766@rambler.ru

Saratov State Technical University named Gagarin U.A., Saratov

ROLE OF COMPUTER GRAFICS IN THE SYSTEM OF ENGINEERING EDUCATION OF BACHELORS

SUMMARY

The report is devoted to discussing the intensification of education process of bachelors to engineering disciplines. Possibilities of application of 3D-technology computer graphics as an instrument for studying professional disciplines are analyzed. As an example, modeling of cylinder by four 3D-operations is considered.

МУЛЬТИМЕДИЙНЫЕ ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЯХ ПО НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

АННОТАЦИЯ

В докладе освещается опыт внедрения в практический курс начертательной геометрии мультимедийных иллюстративных материалов. Эффективность применения новых образовательных технологий исследовалась по объективным показателям успеваемости и по результатам анкетирования студентов.

ВВЕДЕНИЕ

Начертательная геометрия — предмет, который основан на образно-логическом мышлении, требует пространственных представлений и оперирования мысленными образами. Для усвоения материала студенту часто недостаточно выучить алгоритм решения задач, необходимо сформировать в сознании трёхмерные образы. В современной школе геометрия, особенно стереометрия, не пользуется популярностью ни у преподавателей, ни у учеников, поэтому у студентов не развито абстрактное мышление, им сложно представить себе трёхмерные объекты. Поскольку курс черчения в современной школе не является обязательным, у большинства студентов отсутствуют базовые знания об изображении объектов на плоскости. Поэтому необходимо пополнение их сознания наглядными графическими представлениями.

Современное информационное оснащение аудиторий позволяет перейти на принципиально новый уровень подачи учебного материала. В рамках методики преподавания дисциплины «Начертательная геометрия», опираясь на учебные пособия и рабочую тетрадь для практических занятий, разработан, подготовлен и уже опробован курс семинарских занятий с использованием мультимедийных информационных технологий.

1. ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ, РЕШЕНИЯ

Традиционный курс семинарских занятий представляет собой обучение студентов решению типовых задач из специальной тетради с условиями задач, после чего на базе этих знаний они выполняют пять домашних заданий на формате А3 и защищают их. Все решаемые задачи изображались мелом на доске с параллельным объяснением хода решения. Это вызывало трудности особенно у молодых преподавателей, поскольку, чтобы изобразить мелом на доске, например, пересечение поверхностей, нужен немалый опыт. Соответственно много времени и внимания преподавателя уделяется прорисовке задачи, и на подробное объяснение остается мало времени. При рисовании на

доске преподаватель часто вынужденно закрывает корпусом часть картинки. Студент, одновременно перерисовывая, теряет последовательность проведения линий. Кроме того, нельзя «отмотать кадр назад», как нас часто просили «медленные» студенты, просматривая материалы презентаций.

Для формирования трёхмерных образов преподаватели демонстрировали студентам простые деревянные модели (пирамиды, призмы и т.п.), которые находятся только в некоторых специализированных аудиториях. С помощью систем автоматизированного проектирования можно создавать сколь угодно сложные трёхмерные объекты, наглядно их демонстрировать, иллюстрируя особенности их формообразования.

Целью данной работы является повышение эффективности восприятия студентами учебного материала.

Для достижения заданной цели были поставлены и решены следующие задачи:

- визуализации изучаемых объектов;
- демонстрации методов и алгоритмов решения задач.

Для визуализации подготовлены статичные изображения, проведены необходимые объёмные построения объектов в модельном пространстве, заданы траектории движения объектов, дана текстовая информация. При создании мультимедиа контента задействован пакет САПР Autodesk Inventor. Для демонстрации использовалась программа Microsoft Office PowerPoint, которая позволяет встраивать в единое пространство презентации наборы файлов, текстовую информацию и предоставляет возможность добавления различных эффектов на встроенные объекты, что даёт возможность задать анимацию графической информации.

Используя стратегию информационных карт, мы получили возможность на одном слайде показать, например, исследуемую поверхность в трёхмерном пространстве и её отображение на плоскостях проекций, что позволяет установить взаимосвязь этих понятий в сознании студентов. Решение задачи нахождение точки на поверхности при таком параллельном видеоизображении становится сразу понятным. Задачи с более сложным заданием раскладываются на пошаговый алгоритм, который прорисовывается в режиме реального времени.

Теперь семинарское занятие выглядит так: обсуждение основных теоретических понятий на

основе знаний, полученных на лекции; демонстрация применения этих понятий, решение конкретных задач по теме: демонстрация возможных алгоритмов решений, самостоятельное решение задач. Больше времени занимает живое общение со студентами по теме занятия. Есть возможность оставить на экране основной алгоритм и проследить самостоятельное применение его каждым студентом в своей тетради.

2. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ

В конце семестра было проведено анкетирование студентов с целью выяснения их отношения к новому представлению материала и доступности понимания.

Сначала мы выясняли, использовались ли у них в школе на уроках мультимедийные иллюстративные материалы. Абсолютное большинство студентов в школе уже имели опыт восприятия знаний в такой форме, а вот в университете они с таким ещё не сталкивались. Большинство студентов хотели бы просматривать материалы семинаров дома. Поскольку начертательная геометрия является трудной для усвоения студентами дисциплиной, необходим повтор пройденного дома для глубокого осознания материала. В дальнейшем мы планируем сделать материалы семинаров доступными студентам и вне аудиторных занятий, но они должны быть представлены в такой форме, чтобы у студента не возникало иллюзии, что теперь семинарские занятия можно не посещать.

Большинство студентов отозвалось о курсе, как о доступном и понятном для восприятия. В качестве замечаний некоторые жаловались, что всё происходит очень быстро, и они не успевают. Дело в том, что, во-первых, у студентов разная скорость восприятия. Одни уже все поняли и нарисовали, а у других нарисована еще только половина задачи. Во-вторых, они боялись не успеть зарисовать все в тетрадь. Если бы они были уве-

рены, что дома будут иметь доступ к материалам семинаров, мы смогли бы больше внимания уделять именно пониманию решения задачи, а не переречиванию решения в тетрадь.

Посещаемость занятий в группах, где проводился эксперимент, составила 90 % (обычно 75 %). Из них успеваемость в среднем — 70 % имеют баллы выше 55 за семестр, т.е. претенденты на пять по пятибалльной шкале (обычно 30 %), и 30 % — 45—54 баллов, т.е. претенденты на чetyре, троечников и двоечников нет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение мультимедийных иллюстративных материалов в процесс изучения начертательной геометрии позволило повысить интерес студентов к предмету. Как следствие, повысилась успеваемость студентов, так как визуализация изучаемых объектов, наглядность методов и подходов к решению поставленных задач привела к более высокой эффективности подачи материала, достижению понимания студентами основных тем предмета. Работа над материалами ещё не закончена. Исходя из полученного опыта проведения семинаров в новом формате и освоения новых инструментов в процессе разработки мультимедийных иллюстративных материалов, будут устранены недочёты в работе и доработаны некоторые темы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гузнецков В.Н., Журбенко П.А.** Autodesk Inventor 2012. Трёхмерное моделирование деталей и создание чертежей. М.: Изд-во ДМК Пресс, 2012.
2. **Жирных Б.Г., Новоселова Л.В., Савина А.Д.** Рабочая тетрадь для практических занятий по начертательной геометрии. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005.
3. **Гордон В.О., Семенов-Огиевский М.А.** Курс начертательной геометрии. М.: Изд-во Наука, 1988.
4. **Фролов С.А.** Сборник задач по начертательной геометрии. М.: Изд-во Машиностроение, 1980.
5. **Арустамов Х.А.** Сборник задач по начертательной геометрии. М.: Изд-во Машиностроение, 1971.

U.B. Danilova, O.I. Eliseeva

ulibo@mail.ru; olgovka@mail.ru

Moscow State Technical University named after N.E. Bauman, Moscow

MULTIMEDIA ILLUSTRATIVE MATERIALS IN SEMINAR CLASSES OF DESCRIPTIVE GEOMETRY

SUMMARY

The report highlights the experience of implementing multimedia illustrative materials in practical course of descriptive geometry. The effectiveness of new educational technologies was investigated by objective progress indicators and the results of questioning of students.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРЕПОДАВАНИИ ГРАФИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён рассмотрению особенностей использования информационных технологий в преподавании графических дисциплин. Показывается необходимость их интеграции непосредственно в курс инженерной графики, что приводит к повышению успешности её изучения.

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость использования информационных технологий при преподавании графических дисциплин в настоящее время не вызывает сомнений. Применение информационных технологий, как правило, осуществляется в следующих направлениях: иллюстративное сопровождение лекций и практических занятий, создание интерактивных учебных пособий, обучение работе в графических пакетах в форме проведения практических занятий в компьютерных классах, при этом непосредственное содержание курсов графических дисциплин (начертательной геометрии и инженерной графики) традиционно существует само по себе, что не позволяет сформировать необходимые навыки у студентов по созданию конструкторской документации с применением информационных компьютерных технологий.

1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СУЩЕСТВУЮЩИХ УЧЕБНЫХ ПРОГРАММАХ ГРАФИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

Использование информационных технологий для создания иллюстративного материала даёт хорошие результаты, особенно если он содержит пошаговые примеры действий, интерактивные элементы. Но по своей сути такой материал — это дублирование иллюстраций учебников, стендов в несколько иной форме. Поэтому ограничиться таким применением информационных технологий не следует. Кроме этого, использование информационных технологий в курсах графических дисциплин происходит в виде изучения того или иного графического пакета. Оно организуется путём проведения занятий в компьютерных классах, на которых студенты на специально подобранных примерах обучаются созданию трёхмерных моделей изделий и выполнению чертежей. Так, в МГТУ им. Н.Э. Баумана студенты факультета «Машиностроительные технологии» обучаются в течение второго семестра применению пакета *Autodesk Inventor* на лабораторных занятиях [1]. Как показывает наш опыт, такой подход к использованию информационных тех-

нологий не всегда приводит к необходимым результатам. Предполагается, что студенты, посетив лабораторные работы, в дальнейшем выполняют чертежи своих вариантов с использованием изученного пакета, но многие из них испытывают непреодолимые трудности при переходе от специально подобранных примеров к своим конкретным заданиям. Сложности с применением изученных приёмов работы в графических пакетах для конкретной детали ведут к потере интереса к изучению дисциплины, выполнению заданий традиционным способом, а бывает, что и к появлению академической задолженности.

Следует отметить, что в последнее десятилетие существует тенденция к уменьшению количества учебных часов, выделяемых на изучение графических дисциплин. Так, в МГТУ им. Н.Э. Баумана примерно 54 % студентов изучают графические дисциплины в течение трёх семестров, 25 % — в течение двух семестров, остальные — в течение четырёх семестров. 10 лет назад студенты всех факультетов выполняли лабораторные работы по компьютерной графике, сегодня — только студенты факультетов «Машиностроительные технологии», «Энергомашиностроение», «Робототехника и комплексная автоматизация». Студенты других факультетов изучают работу в графических пакетах либо самостоятельно, либо в рамках изучения других предметов (не графических дисциплин). Однако одним из требований к учебным программам кафедры графики является наличие в них разделов, посвящённых применению информационных технологий при создании конструкторской документации.

2. ИНТЕГРАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УЧЕБНЫЕ ПРОГРАММЫ ГРАФИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

Для успешного изучения графических дисциплин необходимо информационные технологии интегрировать непосредственно в курсы начертательной геометрии и инженерной графики, переработать их содержание так, чтобы использование графического пакета стало средством решения задач и инструментом самопроверки. В работе [2] рассматривается такой подход при изучении курса начертательной геометрии. Он заключается в том, что на практических занятиях студенты решают традиционным способом задачи начертательной геометрии и параллельно эти же задачи ими решаются с применением 3d-построений в пакете AutoCAD. Это позволяет перейти к наглядному представлению условия и

плана решения задачи в пространстве, самостоятельно проверить правильность решения задачи по совпадению результатов решения разными средствами. Подобным же образом следует использовать информационные технологии и при изучении инженерной графики — студенты должны создавать модели своих вариантов параллельно с традиционным выполнением курсовых работ. Такая интеграция вполне возможна даже и при отсутствии специального курса изучения того или иного графического пакета. Сегодня работа в среде той или иной программы стала общепрофессиональным навыком, использование информационных технологий студентом для решения тех или иных задач не является чем-то необычным, интерфейсы многих программ схожи. Следует отметить, что при выделении компьютерной графики в отдельный раздел курса часто происходит смещение акцента на детальное изучение самого графического пакета, а не на изучение инженерной графики посредством его использования, хотя для выполнения типовых заданий по инженерной графике доскональное знание графического пакета, как правило, не требуется. Следует лишь продемонстрировать общие приёмы построения моделей и чертежей по ним, для чего не требуется наличия специально оборудованных компьютерных классов, достаточно ноутбука или планшета и проектора. С их помощью студентам можно продемонстрировать пошагово приёмы выполнения типового варианта домашнего задания. Например, при изучении сопряжений на одном из занятий можно выделить 15—20 минут показу того, как их выполняют в графическом редакторе, при этом осветить лишь общие моменты, не вдаваясь в детали. А в качестве домашнего задания предложить студентам выполнить свой вариант чертежа. При изучении проекционного черчения также часть одного из занятий можно посвятить объяснению способов построения трёхмерной модели типовой проекционной задачи. Много времени на это не потребуется. Например, при использовании AutoCAD достаточно показать, как из основных геометрических тел (призмы, пирамиды, цилиндра и пр.) собрать 3d-модель, применить операции выдавливания, вращения и др., использовать булевы операции (сложение, вычитание, пересечение). Это позволит студентам правильно понять условие задачи, увидеть её виртуальную модель и подтолкнуть к правильному решению. При вы-

полнении эскизов и чертежей деталей на первом занятии следует часть времени уделить показу рациональных приёмов, последовательности действий по созданию моделей и по ним чертежей типовых деталей — валов, колец, кронштейнов, корпусных деталей, обращая особое внимание на то, как добиться того, чтобы полученные чертежи соответствовали требованиям ЕСКД. На таких занятиях можно уже использовать такие пакеты твёрдотельного моделирования как *Solid Works*, *Autodesk Inventor* или др. При этом предполагается, что свои варианты студенты выполняют в качестве домашнего задания. На последующих занятиях преподавателем осуществляется не только проверка чертежей, эскизов, но и моделей, а также поиск и решение проблем, которые могут возникнуть при самостоятельном моделировании. При такой организации занятий работа над эскизами, чертежами деталей и сборочных единиц ведётся поэтапно от модели к чертежу, преподаватель видит её последовательность, что исключает возможность простого копирования готовых решений и даёт студенту эффективный способ самопроверки, самостоятельного исправления ошибок, что повышает успешность обучения. Кроме этого, такой подход к преподаванию графических дисциплин позволяет одновременно с ними освоить один или несколько графических пакетов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Интеграция информационных технологий в преподавание графических дисциплин позволит студентам не только в рамках отведённых учебными планами часов изучить начертательную геометрию и инженерную графику, но и научиться работать в разных графических пакетах. Как показывает наш опыт, это в свою очередь приводит к повышению мотивации к обучению и, в конечном счёте, увеличивает успеваемость студентов по графическим дисциплинам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Якунин В.И., Серегин В.И., Гузненков В.Н., Журбенко П.А. Геометрографические дисциплины в высшем профессиональном образовании // Инженерный вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2015. № 5. С. 1039 – 1047. [Электронный доступ]. URL: <http://engbul.bmstu.ru/doc/775254.html> (дата обращения: 10.04.2015).
2. Новик Н.В. Применение трёхмерной графики при изучении курса начертательной геометрии // Российский научный журнал. 2014. № 5(43). С. 170—173.

S.G. Demidov

DemidovSergey@yandex.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow

INFORMATION TECHNOLOGIES IN GRAPHIC DISCIPLINES

SUMMARY

The report is devoted to the peculiarities of information technologies usage in graphic discipline studying. The necessity of their direct integration in engineering graphics course is discussed. This integration leads to more efficiency of graphic disciplines study.

ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА SCILAB ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКЕ И НЕЙРОННЫМ СЕТЯМ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён рассмотрению программы Scilab и её возможностей для решения задач по нечёткой логике и нейронным сетям. Проведён сравнительный анализ программных средств Scilab и MatLab. Рассмотрены другие свободно распространяемые программные средства для решения задач по нечёткой логике и нейронным сетям. Разработан комплекс лабораторных работ по предмету «Математические основы искусственного интеллекта».

ВВЕДЕНИЕ

Искусственный интеллект (ИИ) можно определить как область компьютерной науки, занимающуюся автоматизацией разумного поведения [1]. В структуре ИИ можно выделить множество разделов, таких как интеллектуальные агенты, самообучение машин, генетические алгоритмы, экспертные системы, компьютерное зрение и т.д. В данной работе речь идёт о разделах нечёткой логики и нейронных сетей. Нечёткая логика — раздел математики, являющийся обобщением классической логики и теории множеств и базирующийся на понятии нечёткого множества. Нейронные сети — это математические модели биологических нейронных сетей, интерес к ИНС в большей степени вызван использованием их как метода обработки данных.

1. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ SCILAB И MatLab

В настоящее время в производстве и обучении используют различные средства и методы информационных технологий, которые позволяют решать многие задачи по инженерным и научным вычислениям, способствуя тем самым автоматизации тех или иных процессов. Одним из примеров такой среды разработки является MatLab.

В настоящее время MatLab считается мощным и универсальным средством решения задач, возникающих в различных областях человеческой деятельности: он поддерживает математические вычисления, визуализацию научной графики, программирование, когда задачи и их решения могут быть представлены в нотации, близкой к математической. Перечислим некоторые конкретные области применения: математика и вычисления; разработка алгоритмов; вычислительный эксперимент; имитационное моделирование; анализ данных, исследование и визуализация результатов; научная и инженерная графика; разра-

ботка приложений, включая графический интерфейс пользователя.

Язык программирования MatLab является высокоуровневым, высокоэффективным языком инженерных и научных вычислений. Это язык программирования, включающий широкий спектр функций, интегрированную среду разработки, основанные на матричных структурах данных.

Основным объектом MatLab является массив. Явно размерность массива указывать не требуется, это позволяет решать вычислительные векторно-матричные задачи, значительно сокращая время, которое понадобилось бы для программирования на скалярных языках типа C или FORTRAN.

MatLab — популярный инструмент для анализа данных, его используют до трети всех исследователей, он значительно упрощает решение больших, объёмных расчётов. Эта матричная лаборатория постоянно пополняется и расширяется.

К недостаткам этого языка можно отнести отсутствие интерактивности, что делает его неудобным при выполнении поисковых, исследовательских расчётов для новых, неисследованных массивов данных. Но главным недостатком MatLab является его высокая цена.

Из этого можем сделать вывод — далеко не каждый может позволить себе установить лицензионную версию. Именно поэтому большинство (если не все) школ, средних и высших учебных заведений используют StudentVersion — эта версия содержит далеко не все возможности лицензионной версии.

Для решения этой проблемы предлагается использовать программы-аналоги MatLab, одной из которых является Scilab.

Scilab — это мощное открытое окружение для инженерных и научных расчётов, это свободно распространяемая программа, бесплатная для конечного пользователя — это самое главное достоинство. Scilab позволяет работать с элементарными и большим числом специальных функций (Бесселя, Неймана, интегральные функции), имеет мощные средства работы с матрицами, полиномами, проводить численные вычисления (численное интегрирование) и решение задач линейной алгебры, оптимизации и симуляции, мощные статистические функции, а также средство для построения и работы с графиками.

Scilab содержит большое количество математических функций и имеет возможность добавления новых, написанных на различных языках (C, C++, Fortran и т. д.). Также пользователи могут добавлять свои типы данных и операции путём перегрузки. Имеются разнообразные структуры данных (списки, полиномы, рациональные функции, линейные системы), интерпретатор и язык высокого уровня.

В системе доступно множество инструментов: 2D и 3D графики, анимация, линейная алгебра, разреженные матрицы, полиномиальные и рациональные функции, интерполяция, аппроксимация, симуляция (решение ОДУ и ДУ), Scicos (гибрид системы моделирования динамических систем, блочных диаграмм и симуляции — аналог simulink в пакете MatLab), дифференциальные и не дифференциальные оптимизации, обработка сигналов, параллельная работа, статистика, работа с компьютерной алгеброй.

Scilab имеет схожий с MatLab язык программирования. В его состав входит утилита, позволяющая конвертировать документы MatLab в Scilab.

По сравнению с MatLab можно выделить некоторые недостатки в Scilab: кажущееся неудобство командной строки; привязка модулей к среде. Из вышесказанного можем сделать вывод, что среда разработки Scilab по своим возможностям не уступает MATLAB, его могут использовать как в коммерческих организациях, так и в личных целях.

Мы решили ознакомиться с данной средой, построить нечёткие функции, нейронные сети и скомбинировать их. Для начала построили в Scilab нечёткие множества с использованием различных типов функций принадлежности — треугольной, трапециевидной, Гаусса и т.д. Для этих функций выполнили операции сложения, вычитания, объединение, пересечение, точку пересечения двух функций, нахождение центра тяжести фигуры, определение коридора функции Гаусса, определение координат функции на графике. Также создали системы нечёткого вывода по Мамдани, Сугено методом построения нечёткой системы в модуле SciFLT среды Scilab. Провели преобразование из MatLab в Scilab, выполнили аппроксимацию двух переменных. Построили нейронную сеть Хопфилда, скомбинировали её с нечёткими входами.

Результаты выполнения этих задач в среде программирования Scilab полностью схожи с результатами, полученными в MatLab, они обладают высокой точностью вычислений и визуализацией, за счёт 3D графики. Таким образом, делаем вывод, что язык программирования Scilab является аналогом MatLab и может использоваться для проведения различных операций в области инженерных и научных вычислений.

2. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОДХОДОВ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ПО НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКЕ И НЕЙРОННЫМ СЕТЯМ

Существует множество программных средств для работы с нечёткой логикой и нейронными сетями. Одной из них является программа «Fuzzymb1». В этой программе исследуются системы с нечётким управлением, а именно с нечётким регулятором. Цель работы в этой программе — разработать систему нечётких правил и функций принадлежности для управления автомобилем на перекрестке, при этом учитывать скорость движения автомобиля и режим работы светофора. Входными данными для регулятора являются свет светофора, расстояние до перекрестка и текущая скорость автомобиля, эти параметры задаются как элементарные функции принадлежности, также задаются нечёткие правила по набору входных данных. На выходе регулятора формируется функция принадлежности скорости автомобиля. Входные и выходные параметры задаются в графическом редакторе программы путём рисования их функций принадлежности.

Пример ещё одной из имеющихся программ — пакет JustNN. Это бесплатное программное обеспечение, предлагающее широкие возможности для создания нейронных сетей. Пакет JustNN может представлять нейронные сети в виде таблицы и в виде графа. JustNN поддерживает: импорт текстового или CSV файла, электронные таблицы, изображения или бинарные файлы в таблицах; многократное редактирование и предварительное форматирование функции в таблице; создание нейронной сети из таблиц; обучение и проверка нейронной сети.

Следующим представим программный комплекс SyAn — «Анализ систем», предназначенный для моделирования и анализа произвольных систем автоматического управления. Все блоки классифицированы и представлены в программном комплексе в виде многостраничной палитры. Для работы с нечёткой логикой нам понадобятся следующие классы: генераторы входных воздействий (генераторы постоянного сигнала, сигналов различной формы, шума, сигнала, заданного пользователем в виде графика); линейные звенья (все стандартные простейшие линейные звенья); нелинейные звенья (все стандартные виды нелинейностей, а также нелинейность, задаваемая пользователем в виде графика); прочие блоки (нечёткий регулятор, нейронная сеть, блок пользователя, блоки для формирования схем с переменной структурой). Таким образом, решение задач в этой программе сводится к составлению схем предполагаемых систем из встроенных блоков и вычислений на их основе по входным параметрам. Для обучения нейронной сети готовят

тестовые примеры и обучают нейросеть на эти примеры итерационными алгоритмами.

Ещё один пример — NeuralNetworkWizard — программный продукт, который представляет собой программную реализацию многослойной нейронной сети персептронного типа, обучаемой по алгоритму обратного распространения ошибки. В данный модуль включено несколько классов, предназначенных для создания нейросети, загрузки её параметров из файла, созданного программой NeuralNetworkWizard, и использования полученной нейросистемы. Суть работы этой программы состоит в обучении нейронной сети по заданным параметрам, которые загружаются из текстового файла. В тестовом файле необходимо чётко прописать непротиворечивые входные и выходные данные. В итоге обучения будет составлен документ, в котором будут записаны оптимальные параметры настройки используемой нейросети.

В настоящее время относительно мало программных продуктов в области работы с нечёткой логикой, лидерами программного обеспечения являются пакет FuzzyTECH и среда MatLab с редактором FuzzyLogik, но данные программные продукты, как уже сказано ранее, являются коммерческими. Приведём аналог этого пакета — FisPro (Fuzzy Inference System Professional). Это свободно распространяемое профессиональное программное обеспечение для проектирования, разработки и тестирования систем нечёткого вывода, базирующихся на математическом аппарате нечёткой логики. FisPro обладает широкими возможностями для создания и моделирования работы систем нечёткого вывода, включая возможности автоматического обучения систем и создания баз нечётких правил. Принцип определения входных параметров у этой программы похож на принцип программы Fuzzymb1, но у FisPro ещё более удобный интерфейс.

Таким образом, можем сделать вывод, что для работы с нейронными сетями и нечёткой логикой существует большое количество свободно распространяемых программ. Основными существующими подходами к разработке и решению задач по нечёткой логике и нейронным сетям являются следующие: использование встроенных и написание новых функций для определения входных и выходных функций принадлежности; использование встроенного программного инструментария для задания входных и выходных параметров с дальнейшим автоматическим построением необходимых функций принадлежности по этим параметрам; использование встроенного программного инструментария для непосредственного графического задания типа ФП и их параметров; определение входных и выходных значений ФП в табличном и графическом видах;

загрузка и обработка необходимых данных для построения системы из специальных файлов.

3. РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Актуальность вопроса проектирования состоит в том, что есть необходимость разработать комплекс лабораторных работ по искусственному интеллекту и составить методические указания к выполнению этих лабораторных работ для студентов, у которых проходит дисциплина «Математические основы искусственного интеллекта». Также в задачу входит изучение программных средств и встроенных языков программирования.

Для проектирования работ выбран программный комплекс Scilab. Эта программа поддерживает все необходимые нам функции для работы как с нечёткой логикой, так и с нейронными сетями, имеет простой для освоения язык программирования, различные возможности работы с графикой. Программа свободно распространяется, работает на операционной системе Windows, поэтому может использоваться как на компьютерах в лаборатории, так и у студентов в личных целях. Структура комплекса лабораторных работ:

1. Лабораторная работа № 1 «Знакомство со средой и языком программирования». Цель работы состоит в том, чтобы познакомить студентов с самой программой, её интерфейсом, правилами языка программирования, основными функциями, которые будут использоваться при выполнении работ, работа с графикой.

2. Лабораторная работа № 2 «Исследование способов формирования нечётких множеств». Цель работы — изучить методы построения нечётких множеств с использованием различных типов функций принадлежности.

3. Лабораторная работа № 3 «Выполнение операций над нечёткими множествами». Цель работы — ознакомиться с наиболее распространёнными логическими и математическими операциями над нечёткими множествами.

4. Лабораторная работа №4 «Моделирование нечёткой системы средствами инструментария нечёткой логики». Суть работы состоит в ознакомлении с модулем SciFLT среды Scilab. Если в предыдущей работе студентам будет предложено написать программу на языке Scilab с использованием различных типов функций принадлежности, то здесь построение системы будет происходить через задание её функции и значений в графический редактор систем нечёткого вывода.

5. Лабораторная работа №5 «Аппроксимация функции двух переменных». Цель — научиться работать с радиальной базисной сетью. Радиальные базисные сети предназначены для аппроксимации функций. Возьмём произвольную непрерывную функцию и представим её с помощью суммы колоколообразных функций. Познако-

миться с встроенными функциями для работы с радиальными базисными сетями из модуля RBF Toolbox.

6. Лабораторная работа № 6 «Нейронная сеть Хопфилда». Цель — научиться работать с сетью Хопфилда: рассмотрение сети Хопфилда с четырьмя нейронами и определение четырёх точек равновесия.

7. Лабораторная работа № 7 «Объединение нечётких входов и нейронной сети». С помощью нечётких чисел выполняются фаззификации входов (преобразования чёткого числа в нечёткое множество) и далее дефаззификации выходов (преобразования нечёткого множества в чёткое число), в результате получаем сеть Хопфилда с нечёткими входами. В отличие от чёткой сети Хопфилда, эта нечёткая сеть допускает сходимость к точкам, отличным от вершин квадрата $[-1,1] \times [-1,1]$.

8. Лабораторная работа № 8 «Построение фигур в 3D». Цель — научиться работать с 3D графикой, изучить разные встроенные функции для построения 3D фигур и поверхностей.

9. Лабораторная работа № 9 «Обучение нейронной сети в Neural Network Wizard». Цель — познакомиться с программой Neural Network Wizard, обучить нейронную сеть с разными настройками нормализации и сигмной и разным числом нейронов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработан комплекс лабораторных работ по предмету «Математические основы искусственного интеллекта». В ходе разработки проведён анализ

существующих подходов, средств и программных комплексов для работы с нечёткой логикой и нейронными сетями. Разработана структурная схема комплекса и составлены варианты по индивидуальным заданиям, спроектированы подробные методические указания. По результатам анализа программных продуктов можем сделать вывод, что среда разработки Scilab по своим возможностям не уступает MatLab, Scilab могут использоваться как в коммерческих организациях, так и в личных целях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Люгер Дж. Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем — Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving / под ред. Н.Н. Куссуль. — 4-е изд. М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. 864 с.
2. Дохтаева И.А. Анализ существующих подходов к решению задач по основам искусственного интеллекта. Развитие современного образования: теория, методика и практика // Материалы V Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 14 августа 2015 г.). Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2015. 276 с.
3. Дохтаева И.А. Определение достоинств среды программирования Scilab путём сравнительного анализа языков программирования MatLab и Scilab. Прогрессивные технологии и процессы: Сборник научных статей Международной молодежной научно-практической конференции (25—26 сентября 2014 г.). В 2-х т. Т. 1. Курск: Юго-Зап. гос. ун-т., 2014. 358 с.
4. Дохтаева И.А. Решение задач по основам искусственного интеллекта в среде Scilab. Педагогический опыт: теория, методика, практика // Материалы III Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 31 июля 2015 г.) Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2015. 304 с.

I.A. Dokhtaeva, A.A. Sukonshchikov

dohtaevairina@mail.ru, avt@mh.vstu.edu.ru
Vologda State University, Vologda

PROGRAM SYSTEM SCILAB TO SOLVE PROBLEMS ON FUZZY LOGIC AND NEURAL NETWORKS

SUMMARY

The report is devoted to consideration of the Scilab software and its capabilities to solve problems on fuzzy logic and neural networks. A comparative analysis of the software Scilab and MATLAB. Considered other freely distributed software for solving problems in fuzzy logic and neural networks. Developed a complex of laboratory works on the subject «Mathematical foundations of artificial intelligence».

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ: СИСТЕМОТЕХНИКА В ЭКОНОМИКЕ

АННОТАЦИЯ

Рассматривается анализ инвестиционного процесса с системных позиций. Анализируется динамика взаимного влияния инвестора и объекта инвестирования. Предлагается комплексная модель для принятия решений в активной фазе обучения, которая состоит из двух частей: имитационной и аналитической. Методы и модели объединяются в составе виртуального моделирующего стенда. В качестве примера рассматривается инвестиционный процесс, связанный с муниципальным землепользованием.

ВВЕДЕНИЕ

Термин «инвестиция» произошёл от латинского *investire* — «облачать». Во времена феодализма инвестурой назывался ввод вассала во владение феодалом. В последующие эпохи экономического развития слово «инвестор» традиционно толковалось как вкладчик, а инвестирование — как помещение, вкладывание капитала.

Но в настоящее время такое толкование не только вносит многозначность в понятие «инвестор», но и сдвигает смысл этого слова в область несуществующих явлений. По сути понятие вкладчик (равно как и вклад) неспецифично не только для одного инвестиционного процесса, но и для всей инвестиционной сферы деятельности: вкладчиком мог быть не только инвестор, но также, к примеру, спонсор, меценат или акционер. Поэтому при реализации сложных инвестиционных проектов понятие «инвестор» не может толковаться в деловых кругах как вкладчик [1]; а инвестирование — это не только внесение вклада (инвестиционных сумм), но и ряд иных действий инвестора.

1. СИСТЕМНОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Сущность инвестиционного процесса заключается в том, что инвестор (субъект инвестиций) и объект инвестиций находятся в тесной системной взаимосвязи (рис. 1).

Инвестор не просто выдаёт денежные суммы или спонсирует «наудачу», рискуя ничего не получить (и здесь нельзя не вспомнить первое экономическое определение риска Д. Бернулли, которому более 200 лет: «Возможность потерь в расчёте на счастливый случай», С.-Петербург, 1738 [2]). Дело в том, что инвестор принимает активное участие в этом процессе, в том числе и в борьбе с рисковыми ситуациями, а свойства инвестора подвержены системным изменениям на протяжении этого процесса: они адаптируются к

инвестиционной системной среде. Поэтому более подходящими к обсуждаемой тематике являются следующие определения [1]:

Инвестор — субъект, ориентированный на изменение свойств объекта инвестиций, позволяющее при минимальных вложениях в этот объект восполнить дефицит необходимых для собственного развития ресурсов и изменить собственные свойства в нужном для себя направлении.



Рис. 1. Инвестиционный процесс

Инвестиционный процесс — специфичный для определённой инвестиционной среды процесс приобщения инвестора к объекту инвестиций, осуществляемый с целью получения управляемого инвестиционного дохода посредством инвестирования.

Инвестиционная системная среда — единичная или множественная сфера деятельности (внешняя среда), преимущественно определяющая специфику и предметное содержание инвестиционного процесса.

Типичным примером проявления взаимосвязей являются инвестиционные проекты, участниками которых являются две стороны: инвесторы-землепользователи и муниципальные власти. На территориях муниципалитета ведётся строительство крупных объектов, предназначенных для развития жилищной, хозяйственной или культурно-оздоровительной инфраструктуры города: жилых комплексов, предприятий сферы услуг, супермаркетов, муниципальных рынков, дворцов спорта и др.

Обеим сторонам объект нужен, но интересы у них различные. Дело в том, что стороны взаимодействуют по ресурсам, главным образом по земле:

- инвестору нужно получить участок земли под застройку, но за это он должен выплатить огромный целевой взнос за право аренды и осуществлять платежи по налогу за землю, который тоже весьма большой;

- муниципальным властям, у которых есть законная возможность варьировать как целевой взнос, так и налоговые платежи, кроме строительства объекта есть и другой интерес – повысить размеры этих платежей, которые пополняют муниципальный бюджет и также идут на поддержку инфраструктуры муниципалитета.

Поэтому существуют адаптируемые экстремальные решения о платежах: если их делать очень малыми, то пострадает бюджет, но если сделать очень большими, то инвестору станет невыгодно продолжать участие в инвестиционном проекте. И тогда под угрозой больших потерь или банкротства он выйдет из консорциума с властями, оставив нереализованный или сильно испорченный нулевым циклом земельный участок. Для адаптивной корректировки условий и платежей в процессе управления необходима некая настраиваемая модель.

Теоретически (и только) инвестиционный процесс можно рассматривать как процесс управления в системе с обратной связью в виде кибернетической модели с настраиваемой моделью в контуре обратной связи, выполненной в соответствии с классической теорией автоматического управления. Однако такая идеализированная модель в данном случае неприменима, так как раскрыть математическую сущность и формализовать передаточные функции её компонентов [3] практически невозможно.

2. ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЦЕССА

Учитывая сложности применения классического математического аппарата для исследования экономической динамики инвестиционного процесса, необходимо создание соответствующей имитационной модели, которая компенсирует недостатки математического аппарата. Особенности такой модели и её новизна заключаются в том, что она учитывает согласованность интересов инвестора и потребителей объекта инвестирования в конечном результате и противоречия их интересов при формировании бюджета инвестиционного проекта на этапе строительства и во время эксплуатации, что способствует проявлению нежелательных рискованных явлений и противодействует темпам реализации проекта.

Кроме вышеуказанных особенностей к модели инвестиционного процесса выдвигаются следующие взаимосвязанные требования, которые необходимо учитывать при её создании:

- 1) необходим формальный аппарат реализации финансовой динамики. Средства управления

текущими, будущими и отложенными событиями не имеют некоторых свойств для реализации этого требования;

- 2) должна быть предусмотрена возможность трансформации структуры модели;

- 3) денежные «потoki» в модели практически невозможно анализировать с позиций системной динамики, поскольку они таковыми не являются. Любая операция по перечислению денег со счёта на счёт с позиций банковского или бухгалтерского учёта проходит за нулевой отрезок времени $\Delta t = 0$, т.е. по сути является дельта-функцией, и понятие «поток» к ней неприменимо по сути явления;

- 4) необходим аппарат пространственной динамики, поскольку многие проекты связаны с территориально-пространственными масштабами реализуемых проектов;

- 5) модели должны «предугадывать» риски. Риск, в соответствии с математической интерпретацией общего определения, нежелательное событие, имеющее два взаимно независимых параметра: а) вероятность события на заданном интервале времени; б) наносимый ущерб в случае свершения этого события.

Один из приемлемых подходов к построению модели развития инвестиционного процесса – это реализация её в виде послышной функциональной структуры средствами Actor Pilgrim [4]. Схема такой модели может иметь в своём составе до 150 узлов-процессов, расположенных на трёх слоях.

Верхний — *первый слой* — описывает поведение инвестора и его конкурентов на рынке; на этом слое происходят операции по выделению земли, платежи за право аренды.

Второй слой — средний — моделирует процедуры анализа и контроля инвестиционного процесса; здесь осуществляются основные операции по реализации инвестиционного проекта, платежи за аренду, по штрафам и пени.

Третий нижний слой по сути является ядром имитационной модели, поскольку именно на нём происходят опосредованные взаимодействия всех компонентов модели первого и второго слоёв через операции по счетам, если эти взаимодействия невозможно выполнить непосредственно (рис. 2).

На третьем слое моделируются непростые взаимоотношения инвестора с муниципалитетом, банками, поставщиками и подрядчиками, работниками-исполнителями и будущими обладателями благ — потребителями объекта инвестирования: частей объекта, квартир (если это жилой объект) или услуг. Всего на таком слое в качестве узлов модели необходимо использовать не менее 10 счетов бухгалтерского учёта, динамика состояний которых сильно влияет на основные затраты инвестиционного процесса:

Таблица 1

Структура затрат и доходов инвестора

Вид расходов или доходов по проекту		Сумма, €
1.	Расходы на реализацию инвестиционного проекта ($t \geq t_p$)	30 000 000
1.1.	Денежные ресурсы, изъятые из оборотных средств инвестора-землепользователя (объём инвестиций):	22 500 000
	– заключение архитектурно-правового управления;	1000
	– исходно-разрешительная документация в составе градостроительного заключения;	2000
	– разработки и утверждение проекта объекта на земельном участке;	5000
	– плата за право аренды земельного участка (за 49 лет);	2 500 000
	– затраты на развитие района (расширение материально-технической базы школ, спортивных сооружений и др.) по трёхстороннему контракту с административным округом (АО) и управой района (УР) за $t_p=3$ года;	600 000
	– маркетинг в связи с возможной продажей объектов (зданий, сооружений), готовых к эксплуатации;	2000
	– арендная плата за земельный участок, 2 % стоимости за $t_p=3$ года;	45 000
	– затраты на строительство (включая стоимость проектирования)	19 345 000
1.2.	Неполученная прибыль в связи с отвлечением оборотных средств	7 500 000
2.	Затраты на эксплуатацию объекта ($t > t_p$) в год	
2.1.	Эксплуатация объекта (зданий, сооружений, объектов культуры), построенного или реконструированного в процессе реализации инвестиционного проекта	Параметр X
2.2.	Арендная плата за земельный участок, 2 % стоимости в год	15 000
2.3.	Платежи по трёхстороннему контракту с АО и УР, в год	600 000
3.	Разовые доходы инвестора после завершения инвестиционного проекта ($t > t_p$) — выручка от продажи объекта (или его части)	Параметр Y
4.	Регулярные доходы инвестора после завершения инвестиционного проекта — доход в результате эксплуатации объекта (или его части) в год	$\gamma(X, Y)$

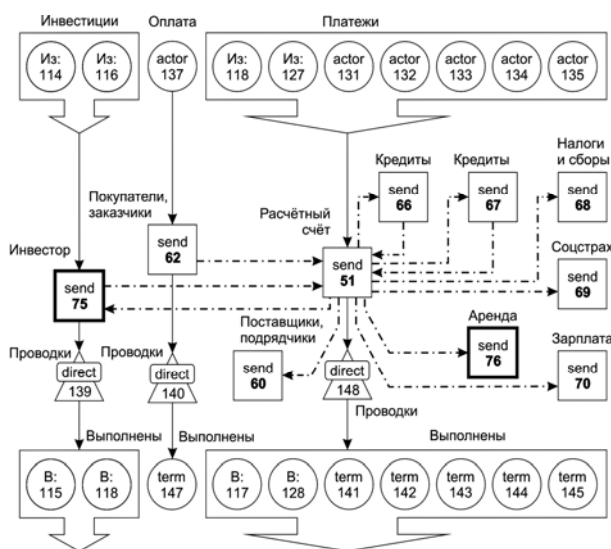


Рис. 2. Ядро: actor, direct, send, term – процессы

- 51 – расчётный счёт;
- 60 – поставщики, подрядчики;
- 62 – покупатели, заказчики;
- 66 – краткосрочные кредиты и займы;
- 67 – долгосрочные кредиты и займы;
- 68 – налоги и сборы;
- 69 – социальное страхование и обеспечение;
- 70 – заработная плата;
- 75 – взаимоотношения с инвестором;
- 76 – арендные платежи.

Этот модельный слой требует для реализации не менее 24 узлов. Особо выделены счета 75 и 76, через которые проходит взаимодействие двух сторон: муниципалитета и инвестора-землепользователя.

В процессе экспериментов с имитационными моделями инвестиционного процесса замечено интересное свойство: они ведут себя аналогично дискретной системе управления. Например, если модель упростить, исключив из неё свойства реорганизации и инерционности, то перечисление определённой суммы на вход системы (аналог дельта-функции) приводит к эффекту образования ступеньки на выходе в виде последовательности дискретных сигналов, что свидетельствует о включении дополнительной экономической мощности, производящей продукцию в единицу времени.

Основные исходные данные, необходимые для создания имитационной модели инвестиционного процесса с участием инвестора-землепользователя приведены в табл. 1.

Параметры X и Y в табл. 1 позволяют применять нелинейное программирование для оптимизации функции регулярных доходов: определение $\max \gamma(X, Y)$ в области допустимых значений X и Y с использованием методов:

- Франка—Вульфа (экстремальный эксперимент);
- Гаусса—Зейделя (опция Actor Pilgrim).

времени и количеству прогонов модели эксперимента.

На основе экономического анализа инвестиционного процесса, анализа выхода имитационной модели при входном инвестиционном воздействии формируется вспомогательная модель (некий аналог неизвестной передаточной функции системы), посредством которой становится возможным экспресс-анализ устойчивости инвестиционного процесса, корректности объемов финансирования, а также правильности выбора моментов перечисления инвестиционных сумм, если планируются несколько траншей. Кроме того, появляется возможность анализа рисков при задержках очередных траншей или несвоевременном предоставлении банком кредитов, а также анализа эффективности компенсационных мероприятий риск-менеджмента.

В целом модели и методические приемы объединяются в виртуальный «моделирующий стенд», структура которого показана на рис. 3:



Рис. 3. Моделирующий стенд

где $x(t)$ — реальные объемы производимой и реализуемой продукции, €;

$y(t)$ — внешние нерегулируемые воздействия на инвестиционный процесс;

$f(t)$ — функциональное описание поступающих инвестиций, €;

$x_M(t)$ — модельные объемы производимой и реализуемой продукции, €;

$u(t, \omega)$ — коррективы, вырабатываемые совместно инвестором и руководством объекта инвестирования.

Для работы экспертов-менеджеров проекта создана специальная 10-бальная шкала порядка для экспертных оценок

$$A = \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, \mathbf{B}\},$$

где \mathbf{B} — процедура построения шкалы — стандартная опция в составе пакета Actor Pilgrim, позволяющая ранжировать варианты бизнес-планов на основе результатов моделирования. Крайние значения шкалы интерпретируются так: если α —

устойчивость системы (см. рис. 1), измеренная по шкале, равна 0, то система неустойчива; при $\alpha = 10$ система устойчива.

Пропуская сложные математические выкладки, связанные с устойчивостью систем, рассмотрим этот результат с позиции теории полезности Неймана—Моргенштерна. Процедура \mathbf{B} определяет эффект от набора управленческих действий N и оценивает его конкретным значением α , $0 \leq \alpha \leq 10$ по данным, полученным из имитационной модели.

1. Если один набор управленческих действий по бизнес-плану N_1 оценивается по шкале значением α_1 , а другой набор N_2 оценивается значением α_2 , причем $\alpha_2 > \alpha_1$, то считается, что действия N_2 предпочтительнее, чем действия N_1 : $N_2 \succ N_1$.

2. Когда два набора управленческих действий N_1 и N_2 оцениваются одинаковыми значениями $\alpha_2 = \alpha_1$, то соответствующие действия считаются равноценными: $N_2 \approx N_1$.

3. Предположим, что набор управленческих действий N_1 оценивается значением α_1 . За счет иного использования инвестиционных сумм или привлечения дополнительных ресурсов удалось создать набор действий N_2 , но оказалось, что α_2 или α_1 — практически любые, тогда набор действий N_2 в смысле измерения по шкале не отличается от действий N_1 и безразличен в отношении этих ресурсов: $N_2 \sim N_1$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основное целевое назначение созданных программных моделей — принятие управленческих решений при выполнении учебных проектов и для проведения деловых игр.

Серия модельных экспериментов, выполненных авторами, показала, что решения по инвестиционным проектам на разных стадиях их жизненных циклов целесообразно подкреплять результатами имитационного моделирования с применением специальных программных моделей и созданных на их основе инструментальных средств экспресс-анализа.

Один из важных результатов, полученных с помощью экспериментов, заключается в том, что с помощью разработанных моделей возможно не только оценивать риски и мероприятия риск-менеджмента по управлению ими, но и выбирать схемы рефинансирования — *реинжиниринга* для вывода модели процесса из состояния, близкого к краху проекта, в «безопасную» зону.

К сожалению, часто для предварительных качественных и количественных выводов менеджеры используют только swot-анализ, имеющий точность «плюс-минус в несколько раз». Предлагаемый авторами подход в данном случае более эффективен.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Емельянов А.А., Власова Е.А., Емельянова Н.З., Прокимнов Н.Н.** Имитационное моделирование инвестиционных процессов // Прикладная информатика. 2012. № 2 (38). С. 93—99.
2. **Bernoulli D.** Exposition of a new theory on the measurement of risk // *Econometrica*. 1954. V. 22. No 1. P. 23—36.
3. **Анфилатов В.С., Емельянов А.А., Кукушкин А.А.** Системный анализ в управлении / под ред. А.А. Емельянова. М.: Финансы и статистика, 2009. 416 с.
4. **Емельянов А.А., Власова Е.А.** Имитационное моделирование экономических процессов / под ред. А.А. Емельянова. М.: Финансы и статистика, 2009. 416 с.

A.A. Emelyanov, O.V. Bulygina, N.Z. Emelyanova

aa.emelianov@gmail.com; baguzova_ov@mail.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

INVESTMENT PROCESS SIMULATION: SYSTEMS ENGINEERING IN ECONOMY

SUMMARY

We consider the analysis of the investment process, from some system positions. The dynamics of mutual influence of the investor and of the investment object analyzed. Integrated model for decision-making in the active phase of training, consisting of two parts, simulation and analysis, is proposed. Methods and models combined in the virtual modeling stand. The investment process related to municipal land use municipal land as the example is considered.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ШИФРАТОРА ДЛЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

АННОТАЦИЯ

Рассмотрено построение имитационной модели высокоскоростного шифратора для повышения скоростных характеристик систем защищенной связи. Анализируются основные характеристики шифраторов, влияющие на скорость обработки информации, рассматриваются режимы шифрования, для которых проведено моделирование высокоскоростного шифратора.

ВВЕДЕНИЕ

Жизнь современного общества трудно представить без повсеместного применения информационных технологий. Массовое использование компьютеров позволяет решать задачу автоматизации обработки информации, поднимая другую проблему — проблему защиты информации.

Алгоритмы защиты информации, а именно шифрования, возможно реализовать программным, аппаратным и программно-аппаратным способами. Помимо более быстрого выполнения операций, очевидным достоинством аппаратного шифрования является исключение стороннего вмешательства в процесс шифрования.

Мощность оборудования растёт постоянно, увеличиваются диапазоны частот и скорости шифрования. Как следствие, с ростом скоростей увеличиваются энергопотребление шифраторов и интенсивность отказов, в связи с чем нарастает необходимость разработки устройства шифрования, соответствующего увеличивающимся потребностям общества.

Высокоскоростные шифраторы используются при обработке больших объёмов данных. Методы моделирования без проведения дорогостоящего эксперимента дают возможность обосновывать методики разделения нагрузки между аппаратными низкоскоростными шифраторами (НШ) и схемы их соединения для получения высокоскоростного шифратора (ВШ). Анализируя построенные модели, возможно качественно оценить функциональность шифратора.

1. ВЫСОКОСКОРОСТНОЕ ШИФРОВАНИЕ

В ходе работы было рассмотрено высокоскоростное шифрование с использованием проходных шифраторов, работающих на PCI-порту компьютера [1] (рис. 1), и шифрование между удаленными устройствами (рис. 2). Заметим, что для систем инженерного образования возможны оба варианта применения ВШ.

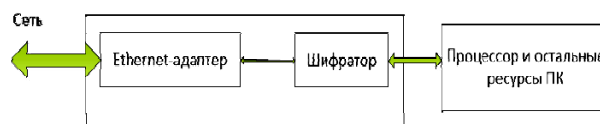


Рис. 1. Проходной шифратор

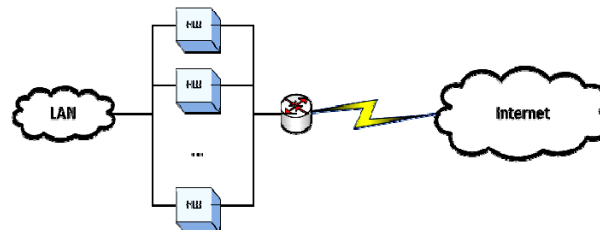


Рис. 2. Сетевой ВШ

Авторами проанализированы возможности сетевого шифрования, а также особенности сетевого шифрования на канальном и сетевом уровнях модели OSI. Прозрачное шифрование трафика на втором уровне имеет ряд преимуществ: изменения в маршрутизации не повлияют на работу устройства шифрования, накладные расходы от туннелирования сетевых пакетов уменьшатся.

Управление сетевым ВШ шифратором возможно осуществить программным и аппаратным способами. Существует класс управляющих программ, которые возможно модифицировать для решения настоящей задачи, а также различные программные делители трафика для распределения поступающих данных между устройствами НШ, возможно разработать аппаратный разделитель потока данных. Необходимо заметить, что современные сетевые устройства также могут распределять трафик.

2. ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДЕЛИ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ШИФРАТОРА

Для построения модели ВШ изучены основные характеристики шифратора, влияющие на конечную скорость обработки данных. Проанализированы способы моделирования входного потока данных: с фиксированным межпакетным интервалом и интервалом, имеющим случайное распределение. Как показали исследования, фиксированный межпакетный интервал является более эффективным для работы ВШ. Также были рассмотрены варианты синхронизации следования пакетов на выходе конечного устройства ВШ: вычисление задержки выдачи пакета по разработанному в [2] алгоритму и использование упорядочивающего буфера, размер которого был рассчитан по предложенной авторами формуле:

$$\frac{T_{\max}}{T_{\min}}(l_{\max} - l_{\min})\frac{p}{2}, \quad (1)$$

где $l_{\max/\min}$ — максимальная/минимальная длина пакета рассматриваемого диапазона возможных длин пакетов; $T_{\max/\min}$ — максимальное/минимальное время обработки пакета; p — вес символа — объём памяти, занимаемый одним символом, зависящий от кодировки и используемого алгоритма шифрования; $T_{\max/\min} = a l_{\max/\min} + b$, где $a = \frac{1}{W}$, W — тактовая частота (10—200 МГц), зависящая от элементной базы, а $b = ka$, где коэффициент k находится в интервале от 40 до 100. Не исключена возможность использования меньшего по размеру упорядочивающего буфера, но объёма памяти, который учитывается в (1), должно хватить на решение поставленной задачи. Такой подход к синхронизации устройств шифрования поможет прогнозировать нагрузку сети, а также предотвратит использование скрытых каналов передачи информации, благодаря выравниванию трафика на выходе высокоскоростного шифратора.

Авторами рассмотрена возможность применения различных режимов алгоритма шифрования (ГОСТ Р 34.12–2015). Проанализировав характеристики различных режимов, предпочтительными режимами шифрования выбраны режим гаммирования (Counter, CTR) и режим простой замены с зацеплением (Cipher Block Chaining, CBC) [3].

3. ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ШИФРАТОРА

Функционирование ВШ возможно разбить на ряд процессов, которые представимы совокупностью систем массового обслуживания (СМО), следовательно, стохастических, динамических, дискретно-непрерывных математических моделей. Исследование характеристик таких моделей возможно аналитическими методами или методами имитационного моделирования. Имитационная модель отображает стохастический про-

цесс смены дискретных состояний СМО в непрерывное время. При реализации модели на ЭВМ происходит сбор статистики, которая анализируется в дальнейшем.

В ходе исследования было обосновано, что среда имитационного моделирования (ИМ) GPSS World наиболее подходит для решения поставленной задачи по своим целевым и алгоритмическим особенностям [4]. В среде ИМ GPSS World получена модель ВШ, с помощью которой оцениваются необходимость и целесообразность распределения нагрузки между несколькими НШ для повышения общей производительности системы защищенного обмена данными.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При проведении образовательного процесса для будущих инженеров крайне важно учитывать потребности актуального на сегодняшний день направления, связанного с обеспечением информационной безопасности. В докладе представлено одно из возможных направлений, которым необходимо уделять внимание. Также предложенные решения могут быть полезны для обеспечения информационной безопасности ряда организационных и образовательных процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Аппаратные шифраторы.** [Электронный ресурс]. URL: <http://www.osp.ru/pcworld/2002/08/163808/> (дата обращения: 10.10.2015)
2. **Епишкина А.В., Кирякина С.А.** Об имитационном моделировании работы высокоскоростного шифратора. СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. 202 с.
3. **ГОСТ Р 34.13–2015.** Стандарт строгого режима. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.itsec.ru/articles2/crypto/gost-standart-strogogo-rezhima> (дата обращения: 15.10.2015)
4. **Епишкина А.В., Кирякина С.А.** Исследование возможности применения систем имитационного моделирования для разработки высокоскоростного шифратора // Безопасность информационных технологий, 2015. № 1.

A.V. Epishkina, S.A. Kiryakina

avepishkina@mephi.ru; tz7sveta@yandex.ru

National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow

DEVELOPMENT OF A HIGH-SPEED ENCRYPTER MODEL FOR ENGINEERING EDUCATION

SUMMARY

The paper presents the construction of a simulation model of a high-speed encipher to improve the speed characteristics of secure communications systems. The report considers the main characteristics of the encipher which affect on the speed of the data processing, describes encryption modes which can be used in simulation of a high-speed encipher.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «СИМПР-2015» И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАТИКА»

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён рассмотрению возможностей применения современных инструментальных программных средств конструирования интеллектуальных систем на примере инструментального комплекса СИМПР-2015, разработанного на кафедре прикладной математики НИУ «МЭИ», при обучении студентов по направлению «Прикладная математика и информатика» (профиль подготовки «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин и компьютерных сетей»). Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ.

ВВЕДЕНИЕ

На кафедре прикладной математики (ПМ) НИУ «МЭИ» при обучении студентов по направлению «Прикладная математика и информатика» (профиль подготовки «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин и компьютерных сетей») при изучении дисциплины «Основы искусственного интеллекта» (бакалавриат, 4-й год обучения) студенты знакомятся с методами, современными языками и программными средствами конструирования перспективных интеллектуальных систем для различных приложений. Далее, при обучении в магистратуре при изучении дисциплины «Экспертные системы» (магистратура, 1-й год обучения) углубляют полученные ранее знания и навыки.

При выполнении курсового проекта и магистерской диссертации используются методы, мо-

дели и технологии искусственного интеллекта, применяются современные языки (CLIPS и т.д.) и инструментальные программные средства (комплексы), в частности модифицированная версия разработанного на кафедре ПМ инструментального программного комплекса СИМПР-2015, предназначенного для конструирования интеллектуальных систем поддержки принятия решений реального времени (ИСППР РВ) [1] на основе продукционной модели представления знаний и специализированного табличного языка [2]. Базовая архитектура ИСППР РВ представлена на рис. 1.

К основным задачам, решаемым с помощью ИСППР РВ, относятся:

- *диагностика и мониторинг* — выяснение, где, когда и какого типа возникла проблемная ситуация;
- *планирование (поиск решений)* — определение последовательности (или нескольких возможных последовательностей) действий для разрешения проблемной ситуации;
- *прогнозирование* — оценка на модели эффективности рекомендуемых действий (решений) для разрешения проблемной ситуации.

Для изучения и освоения технологии построения ИСППР РВ на основе экспертных знаний применяется инструментальный комплекс СИМПР-2015.

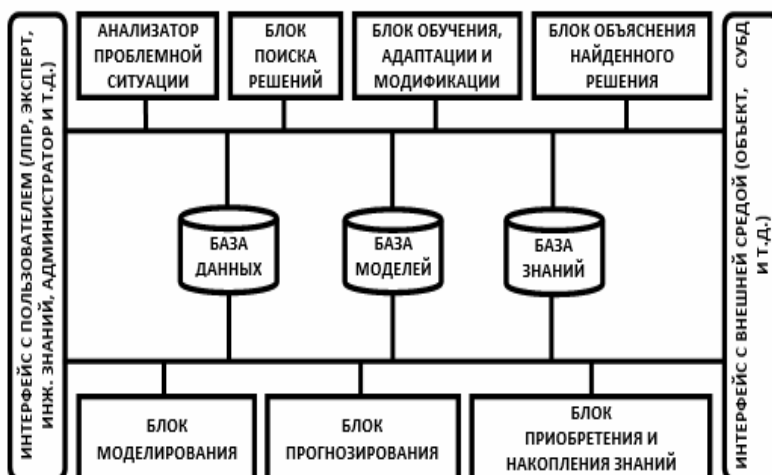


Рис. 1. Базовая архитектура ИСППР РВ

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ МЕТОДА ТАБЛИЦ РЕШЕНИЙ И ТАБЛИЧНОЙ МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ

При описании метода таблиц решений (ТР) и табличной модели представления знаний будем следовать работам [2,3,5]. Язык ТР относится к классу формальных языков, характеризующихся непроедурной и удобной для пользователя-непрограммиста формой описания задачи (процесса принятия решений), а также возможностью автоматизации процессов проверки корректности (полноты, непротиворечивости, неизбыточности), оптимизации и трансляции табличной модели в схемы и последующие программы поиска решения. Метод ТР получил широкое распространение при автоматизации процессов принятия решений, проектирования, диагностики и контроля, в имитационном моделировании и в других приложениях. Студенты используют метод ТР как для формирования корректных моделей представления знаний (моделей принятия решений) продукционного типа, так и для реализации на основе комплекса СИМПР-2015 некоторого прототипа ИСППР РВ.

Множество продукционных правил (продукций) вида «Если <условие применения> То <результат (решение)>», описывающих состояния проблемной (предметной) области (ПО) или процесса принятия решений совместно с некоторой дополнительной информацией, повышающей эффективность работы блока поиска решения (интерпретатора), представляется одной или совокупностью иерархически взаимосвязанных ТР, каждая из которых представляет некоторое подмножество объединённых по смыслу продукций. Обобщённая структура ТР представлена на рис. 2.

Таким образом, ТР является средством задания соответствия между значениями элементов некоторого конечного множества условий, опреде-

ляющих состояния ПО, и последовательностями также конечного множества действий, определяющих принимаемые решения.

Формально ТР задаётся набором $\langle (C, A, C', A'), B \rangle$. Четвёрка (C, A, C', A') есть традиционное определение ТР, где $C = \{C_i\}$, $i = 1, \dots, m$ — множество условий или идентификаторов условий, рассматриваемых как координаты векторов описания ситуаций (векторов данных), $A = \{A_r\}$, $r = 1, \dots, k$ — множество действий или идентификаторов действий, рассматриваемых как координаты векторов действий; $C' = \|c_{ij}\|$, $i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$ и $A' = \|a_{rj}\|$, $r = 1, \dots, k, j = 1, \dots, n$ или $j = 1, n+1$, — матрицы, задающие соответствие между векторами данных (состояниями) и действий. Условия C_i , формулируемые в виде высказываний или предикатов (например, «параметр H выше нормы» или « $(\forall x) (x > 0)$ »), могут быть как логически независимыми, так и зависимыми. Выявление и учёт логической зависимости условий, характерной для экспертных моделей принятия решений (МПР), необходимо для построения семантически корректных МПР.

Элементы множеств C, A и матриц C', A' определяют алфавит продукционной модели. Каждой продукции P_j ставится в соответствие правило решений $R_j = \langle C'_j, A'_j \rangle$, $j = 1, \dots, n$, где C'_j, A'_j — вектор-столбцы матриц C' и A' соответственно (с целью сокращения числа используемых обозначений далее будем писать P_j и для продукции, и для соответствующего правила решений). Для устранения возможной неполноты продукционной МПР (т.е. для реагирования на состояния, к которым не применимо ни одно из правил $P_j, j=1, n$) вводится так называемое правило «иначе» $E = \langle -, A_{n+1} \rangle$ с отсутствующей первой компонентой.

ТР	Правила (продукции)					Правило «иначе»	Сложности проверки условий
		P_1	P_2	...	P_n		
Условия	C_1	c_{11}	C_{12}	...	c_{1n}		t_1
	C_2	c_{21}	C_{22}	...	c_{2n}		t_2

	C_m	c_{m1}	C_{m2}	...	c_{mn}		t_m
Действия	A_1	a_{11}	A_{12}	...	a_{1n}	$A_{1,n+1}$	q_1
	A_2	a_{21}	A_{22}	...	a_{2n}	$A_{2,n+1}$	q_2

	A_k	a_{k1}	A_{k2}	...	a_{kn}	$A_{k,n+1}$	q_k
Частоты применения правил		f_1	F_2	...	F_n	f_E	

Рис. 2. Обобщённая структура ТР

Правило «иначе» по аналогии с замыканием нормального алгоритма, можно рассматривать как замыкание МПР, т.е. как средство её пополнения, что исключает случай неприменимости продукционной МПР к некоторым векторам данных или, иначе говоря, делает множество правил $\{P_1, P_2, \dots, P_n\} \cup \{E\}$ полным. Правило «иначе» является базовым средством для адаптации МПР как в плане её пополнения новыми правилами, так и при других модификациях МПР (расширении множеств условий, действий, коррекции правил и т.д.).

Компонент B содержит дополнительную информацию, например представленную векторами f, t, g , где $f = (f_j), j = 1, \dots, n$ или $j = 1, n+1, (f_{n+1} = f_E$, если используется продукция $E), t = (t_i), i = 1, \dots, m, q = (q_r), r = 1, \dots, k$. Предполагается, что f — частоты или коэффициенты применимости продукций P_j или E , которые в определённом смысле можно интерпретировать и как коэффициенты уверенности (правдоподобия) или мощности продукций, используемые в экспертных МПР, t и q — сложности вычислений значений условий C_i и выполнения действий A_r соответственно. Эта информация применяется при разрешении конфликтов (противоречий) в продукционном цикле и для повышения быстродействия алгоритма поиска на этапе сопоставления. Набор (f, t, q) при необходимости может быть расширен, также на этапе проверки корректности табличной модели в качестве дополнительной информации могут быть указаны логические отношения между условиями C_i .

Вводится ряд определений.

ТР $T = \langle (C, A, C', A'), B \rangle$ называется ТР с расширенным входом, если среди условий C_i допустимы многозначные, и ТР с ограниченным входом, если допустимы только двузначные условия. Для ТР с ограниченным входом $c_{ij} = 1$ означает, что условие C_i должно быть выполнено для применимости (активизации) правила P_j , а $c_{ij} = 0$ — что C_i должно быть не выполнено для применимости P_j . Любая ТР с расширенным входом просто преобразуется в эквивалентную по описанию процесса принятия решений ТР с ограниченным входом. Преимуществом ТР с расширенным входом является более компактное описание процесса принятия решений. Однако реализация МПР на основе ТР с ограниченным входом проще, кроме того их структура более соответствует применяемым для представления знаний в системах искусственного интеллекта продукционным моделям.

Правило решений $P_j = \langle C_j', A_j' \rangle$ называется простым, если вектор-столбец C_j' не содержит элементов $c_{ij} = *$, в противном случае правило P_j называется обобщённым.

ТР T называется канонической, если её матрица C' не содержит элементов $c_{ij} = *$, и предельной, если матрица A' не содержит одинаковых вектор-столбцов. Таким образом, каноническая ТР состоит только из простых правил.

Множеством допустимых состояний (ситуаций) S' называется множество, состоящее из векторов данных $s_q = (C_i^q), i = 1, \dots, m$, где $C_i^q \in C_i''$, $q \in \{1, 2, \dots, \Pi|C_i''|\}, i = 1, \dots, m$ (для ТР с ограниченным входом $q \in \{1, 2, \dots, 2^m\}$).

Вектор данных $s_q = (C_i^q), i = 1, \dots, m$, распознаётся ТР T , если $\exists j (\forall i) (c_{ij} \neq * \Rightarrow c_{ij} = C_i^q)$.

При этом говорят, что вектор данных s_q удовлетворяет правилу P_j или правило P_j применимо в состоянии s_q , и пишут $s_q \rightarrow P_j$.

ТР T называется непротиворечивой относительно множества S' или детерминированной, если

$$(\exists s_q, P_j, P_p) ((s_q \rightarrow P_j) \& (s_q \rightarrow P_p) \Rightarrow (A_j' = A_p')).$$

Соответственно ТР T называется противоречивой относительно множества S' или недетерминированной, если

$$(\forall s_q, P_j, P_p) ((s_q \rightarrow P_j) \& (s_q \rightarrow P_p) \& (A_j \neq A_p)).$$

ТР T называется полной относительно множества S' , если она содержит правило E или

$$(\exists s_q \forall P_j) (s_q \rightarrow P_j).$$

В противном случае ТР T называется неполной относительно S' .

ТР T называется корректной относительно множества S' , если она полна и непротиворечива относительно S' . В противном случае ТР T называется некорректной относительно множества S' .

Корректность ТР относительно множества S' называется также семантической корректностью или корректностью относительно заданной проблемной интерпретации.

Множеством синтаксически возможных (в предположении независимости условий C_i) состояний S (универсумом) называется множество, состоящее из векторов данных $s_q, q = 1, 2, \dots, \Pi|C_i''|, i=1, \dots, m$ (для ТР с ограниченным входом $q \in \{1, 2, \dots, 2^m\}$).

Корректность ТР относительно множества S называется синтаксической корректностью или корректностью относительно любой проблемной интерпретации.

Утверждения.

1. Если ТР T корректна относительно множества S , то она корректна и относительно любого множества $S' \subseteq S$.

Синтаксическая корректность ТР есть достаточное условие её семантической корректности, но не необходимое. Ясно, что синтаксически некорректная ТР будет в то же время семантически корректной, если вектор (или вектора) данных s_q ,

вызывающий противоречивость или неполноту ТР (относительно S), принадлежит множеству $S \setminus S'$.

2. ТР T является полной относительно множества S' тогда и только тогда, когда она содержит правило E или система $\{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ образует покрытие или разбиение множества S' , т.е. $S \subseteq S'$.

Таким образом, для полной ТР имеем всюду определённое (не обязательно однозначное) соответствие $S' \rightarrow P$.

При выполнении лабораторной работы на построение производственной МПР или при реализации прототипа ИСППР РВ студент должен разработать корректную (полную и непротиворечивую) МПР, которую далее можно использовать в составе ИСППР РВ или при имитации процесса принятия решений.

Далее средствами комплекса СИМПР-2015 реализуется трансляция созданной МПР в программу поиска решения (интерпретатор) и имитируется процесс поиска решения.

2. ОПИСАНИЕ КОМПЛЕКСА СИМПР-2015

Новая версия комплекса СИМПР-2015 является продолжением и усовершенствованием базовой версии СИМПР [3,4], позволяющей:

- формировать производственную МПР в виде совокупности взаимосвязанных ТР;
- проверять корректность (полноту и непротиворечивость) ТР;
- строить простую или оптимизированную последовательность решений;
- взаимодействовать с приложением, осуществляющим или имитирующим процесс принятия решений.

Новая версия была реализована в 2015 году. Хотя алгоритмы, лежащие в основе системы, ос-

тались прежними, предыдущая версия была существенно переработана. Прежде всего, были разработаны новые классы как для представления одной ТР, так и для представления набора ТР. Новые классы обеспечивают лучшую реализацию всех операций, начиная от добавления и удаления ТР в набор, добавления и удаления элементов одной ТР, и заканчивая проверкой полноты и непротиворечивости, а также безопасностью работы с объектами. Далее был принципиально изменён интерфейс программы. Меню было заменено лентой с несколькими вкладками, которые обеспечивают более быстрый доступ к элементам управления.

В основной части окна находятся три вкладки «Таблица», «Описание» и «Логические отношения», которые также обеспечивают более быстрый и удобный доступ к работе с собственно таблицами и дополнительными данными. Кроме того, были доработаны некоторые вспомогательные алгоритмы, в частности алгоритм вывода ТР на печать, который позволяет теперь выводить большие ТР, не уместяющиеся на одном листе. Программа представлена как в 32-битной, так и в 64-битной версиях.

На рис. 3—5 представлены вкладки окна программы СИМПР-2015.

В качестве дальнейшего развития комплекса СИМПР-2015 планируется обеспечение возможности ввода и обработки логических отношений, представленных в более сложной синтаксической форме, а также разработка модуля, позволяющего использовать в таблицах не только бинарную логику, т.е. перейти от МПР на основе бинарной логики (ТР с ограниченным входом) к МПР с тернарной и многозначной логикой (ТР с расширенным входом).

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
C1	F	T	T	T	T	T	T	T
C2		F	F	F	T	T	T	T
C3					T			F
C4		T		F		T		F
C5			T	F			T	F
A1		1	1		1	1	1	
A2				1				1
+	6	6	6	6	6	6	6	6

Рис. 3. Окно программы СИМПР. Вкладка «Таблица»

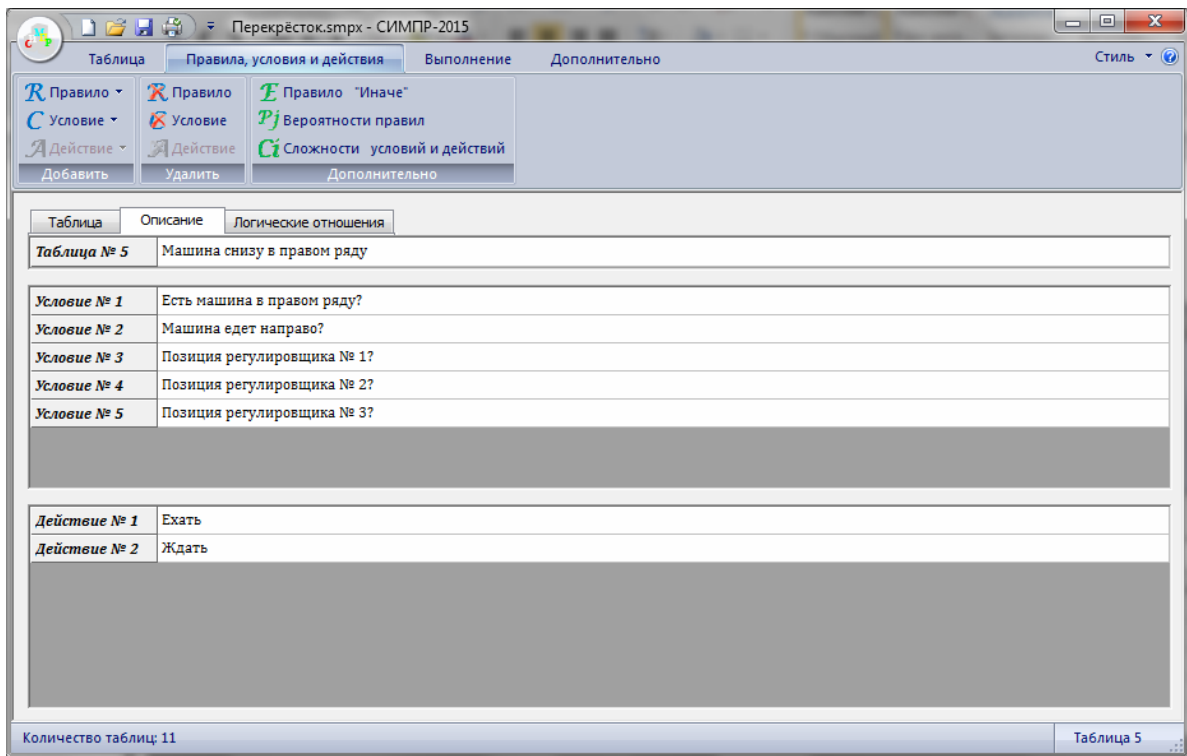


Рис. 4. Окно программы СИМПР. Вкладка «Описание»

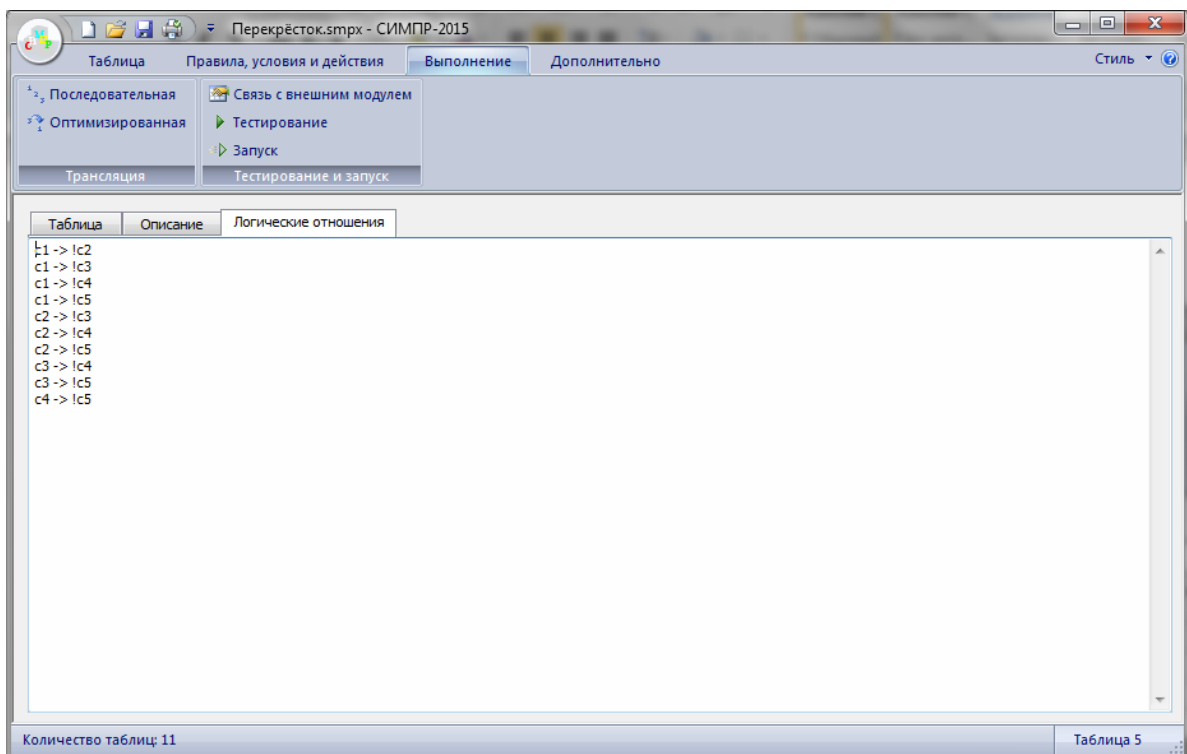


Рис. 5. Окно программы СИМПР. Вкладка «Логические отношения»

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Известно, что инженерное образование на современном этапе развития общества и науки невозможно без применения современных средств информатизации, включая методы и технологии искусственного интеллекта (проекты «умная энергетика», «умные сети», «умный дом» и т.д.). При обучении студентов соответствующих направлений, профилей и специальностей необходимо использо-

вание как современных зарубежных программных продуктов, так и отечественных разработок. Такой подход используется в ряде ведущих технических университетов России (см., например, работы [6, 7]), включая НИУ «МЭИ». В докладе рассмотрена одна из таких разработок МЭИ – инструментальный программный комплекс СИМПР-2015, предназначенный для конструирования перспективных ИСППР РВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Вагин В.Н., Еремеев А.П.** Научная школа искусственного интеллекта в Московском энергетическом институте на базе кафедры прикладной математики: становление и развитие // Вестник МЭИ. 2015. № 2. С. 29—37.
2. **Виноградов О.В., Еремеев А.П.** Современные программные средства поддержки принятия решений на основе таблиц решений // Интеллектуальные системы. Коллективная монография. Вып. 3 / под ред. В.М. Курейчика. М.: Физматлит, 2009. С. 140—154.
3. **Еремеев А.П., Чибизова Н.В.** Инструментальный комплекс проектирования систем поддержки принятия решений реального времени СИМПР-WINDOWS: методические указания / под ред. В.Н. Вагина. М.: Издательство МЭИ, 1999.
4. **Еремеев А.П., Чибизова Н.В.** Инструментальный комплекс проектирования систем поддержки принятия решений реального времени СИМПР-WINDOWS (ИК СИМПР-WINDOWS) / Российская Федерация. РОСПАТЕНТ. СВИДЕТЕЛЬСТВО об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2001610995. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ. Москва, 9 августа 2001 г.
5. **Еремеев А.П.** О корректности продукционной модели принятия решений на основе таблиц решений // Автоматика и телемеханика. 2001. № 10. С. 78—90.
6. **Осипов Г.С.** Лекции по искусственному интеллекту. – М.: КРАСАНД, 2009.
7. **Рыбина Г.В.** Основы построения интеллектуальных систем: учеб. пособие. М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2010.

A.P. Ereemeev, N.V. Chibizova

eremeev@appmat.ru; chib@appmat.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

PROGRAM TOOLS «SIMPR-2015» AND ITS APPLICATION FOR TRAINING STUDENTS IN «APPLIED MATHEMATICS AND INFORMATICS»

SUMMARY

The report considers the application of the software tools for design of the intelligent systems on the example of tool complex SIMPR-2015 that was developed on Applied Mathematics department of National Research University at teaching of students on the direction «Applied Mathematics and Informatics» (specialty «Mathematical and Software Support for Computing Machines and Computer Networks»). The work was supported by RFBR.

ИНТЕГРАЦИЯ САД-ТЕХНОЛОГИЙ И 3D-ПЕЧАТИ В КУРСЕ КОМПОНОВКИ БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

АННОТАЦИЯ

В докладе рассматриваются результаты первого опыта внедрения технологий трёхмерной печати в практику обучения студентов основам компоновки бортового оборудования космических аппаратов. Приведены результаты создания компоновочного макета космического аппарата в рамках учебного курса из шести практических занятий. Установлено, что работа над проектом потребовала от студентов большей вовлеченности и ответственности и вызвала у них большой интерес.

ВВЕДЕНИЕ

Пятнадцатилетний опыт внедрения сквозного использования компьютерных технологий автоматизации проектирования (САД-технологий) как основы информационной поддержки курсового и дипломного проектирования на кафедре «Аэрокосмические системы» МГТУ им. Н.Э. Баумана показал, что в подготовке инженеров остаётся дефицит опыта работы с реальными физическими объектами, который необходим конструктору для создания не только высокоэффективных, но и высокотехнологичных изделий. Также обучение компьютерным технологиям проектирования и расчётов остаётся неполным без обучения компьютерным технологиям автоматизированного производства.

В докладе рассматриваются результаты первого опыта внедрения технологий трёхмерной печати (3D-печати) в практику обучения студентов основам компоновки бортового оборудования космических аппаратов.

1. ОПИСАНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Одним из важнейших этапов разработки космического аппарата является компоновка. От качества её исполнения зависит эффективность выполнения целевой функции. Компоновка подразделяется на внешнюю и внутреннюю. Внешняя компоновка — это определение облика и размещение оборудования на внешней поверхности аппарата. Внутренняя компоновка — размещение бортовой аппаратуры в корпусе космического аппарата.

С целью формирования компетенций студентов в области компоновки на кафедре «Аэрокосмические системы» МГТУ им. Н.Э. Баумана в рамках дисциплины «Проектирование аэрокосмических систем» читается курс лекций «Компо-

новка бортового оборудования космических аппаратов». Целью курса является передача студентам основных знаний и навыков относительно требований к внешней и внутренней компоновке.

Навыки компоновки затем закрепляются в процессе курсового и дипломного проектирования. При этом в программе твёрдотельного параметрического моделирования строится электронная геометрическая модель космического аппарата в транспортной (под обтекателем ракеты-носителя) и в рабочей конфигурациях. В результате при выполнении курсового проекта (курсовой работы), как правило, выполняется внешняя компоновка. Выбирается размещение топливных баков, двигателей, антенн, солнечных батарей и другого оборудования, устанавливаемого на поверхности корпуса космического аппарата. С освоением этого навыка, как показывает анализ компоновок, выполненных при дипломном проектировании, все выпускники справляются достаточно хорошо. Значительно хуже дело обстоит с освоением навыка внутренней компоновки, что требует совершенствования методики обучения.

Внутренняя компоновка намного сложнее внешней, поскольку в ограниченном объёме отсека заданной формы необходимо не только разместить приборы, обеспечить их надёжное крепление в соответствии с требованиями (часто противоречивыми) на установку, но и предусмотреть возможность лёгкой замены и регулировки, если это будет необходимо.

Научить компоновать приборы в отсеке с учётом выше перечисленных условий только на бумаге очень сложно. Использование технологий трёхмерного твёрдотельного геометрического моделирования для информационной поддержки внутренней компоновки повышает эффективность обучения, но оказывается недостаточным, поскольку студент не в полной мере получает обратную связь о своих конструкторских решениях. Доступные в учебном процессе виртуальные средства разработки являются 2D-визуальными — проекциями трёхмерных моделей на плоский экран монитора — и лишены сенсорной составляющей.

В промышленности, где внутренние компоновки выполняются высококвалифицированными специалистами, до настоящего времени с использованием современных технологий быстрого прототипирования (Rapid Prototyping) [1] изго-

тавливаются натурные макеты компоновок, на которых уточняется размещение приборов, их крепление, прокладка кабельных сетей и коммуникаций. Внедрение таких технологий в учебный процесс до недавнего времени было затруднительно из-за дороговизны оборудования. Однако с появлением современных «бытовых» 3D-принтеров, обладающих доступной ценой при приемлемой точности изготовления деталей из пластика порядка 0,1 мм, стало возможным разработать методику обучения компоновке приборных отсеков с использованием макетов.

2. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ МЕТОДИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Целью методической работы являлось внедрение в учебный процесс технологий быстрого прототипирования для совершенствования навыков студентов по внутренней компоновке бортового оборудования космических аппаратов.

Кроме основной цели дополнительно предполагалось достичь и второй цели – ознакомления студентов с основами компьютерных технологий автоматизации производства (САМ-технологий), что позволяло восполнить пробел в образовании студентов в области основ информационной поддержки жизненного цикла изделий ракетно-космической техники.

Одной из технологий быстрого прототипирования, позволяющей автоматизировать создание натуральных макетов, является аддитивная технология 3D-печати. Она основана на методе послойного формирования объёмных деталей струей разогретого пластика. 3D-принтер фактически является станком с числовым программным управлением. Его программирование проводится на индустриальном языке G-code, который поддерживается большинством обрабатывающих центров. Практическое изучение студентами работы такого принтера позволяет им в общих чертах ознакомиться с принципами программирования других станков с ЧПУ.

Для программирования 3D-принтера используются специальные программы-слайсеры, (slicing, англ. — разделение по слоям), исходными данными в которых являются электронные геометрические модели элементов конструкции, а выходными данными — программы на языке G-code.

Переход от виртуального геометрического моделирования компоновки к её прототипированию потребовал решения нескольких связанных задач.

Первой задачей методической работы являлось создание доступной студентам методики подготовки технологических программ для 3D-принтера на основе их электронных геометрических моделей, разработанных в курсовом проекте.

При создании программ для 3D-принтера студенты сталкиваются с технологическими ограни-

чениями послойной печати, накладываемыми на изготовление деталей различной формы. В частности, студентам необходимо научиться рационально выбирать базовую плоскость детали и масштаб модели, учитывать термическую усадку материала, экономить расход пластика и оптимизировать время печати. Таким образом, в ходе подобной учебной работы косвенно решается задача практического знакомства студентов с проблемами технологической подготовки производства, что позволяет студентам более осмысленно воспринимать затем курсы, читаемые технологическими кафедрами.

Второй задачей методической работы являлось закрепление навыков проектирования деталей машин при создании документации для изготовления компоновочных макетов. В качестве прототипа для компоновки был выбран корпус отсека в негерметичном исполнении, имеющий форму параллелепипеда, грани которого являются трёхслойными силовыми панелями. Блоки аппаратуры должны быть установлены на этих панелях. При изготовлении макетов для наглядности внутреннего размещения блоков панели выполнялись из прозрачного оргстекла. Студенты должны в ходе компоновки решить вопросы базирования деталей на панелях, создать чертёж крепёжных отверстий на панели и назначить допуски на все установочные размеры.

3. ОПИСАНИЕ МЕТОДИКИ

Для совершенствования обучения внутренней компоновке в рамках вышеназванного курса были введены практические занятия, на которых студенты, используя навыки, полученные при изучении раздела «Компьютерная графика» дисциплины «Машиностроительное черчение» выполняют компоновку космического аппарата с использованием пакета геометрического моделирования SolidWorks, а затем печатают на 3D-принтере прототипы элементов компоновки и собирают компоновочный макет. Методически занятия проводятся следующим образом.

В зависимости от количества студентов в группе, она разбивается на 2—3 подгруппы (не более шести человек в подгруппе). Назначается «Главный конструктор».

Выдаётся задание на проектирование, состоящее из комплекта габаритных чертежей компоновочных приборов (8—10 штук).

Проводится шесть практических занятий.

Занятие 1. Проводится контроль знаний и навыков, полученных студентами при изучении раздела «Компьютерная графика» дисциплины «Машиностроительное черчение». Студенты выполняют задание, заключающееся в выполнении твёрдотельной модели сложной детали и одного из механизмов (например, раскрывающейся солнечной батареи) [2].

Занятие 2. Студент получает габаритные чертежи от двух до четырёх приборов, входящих в проектируемый космический аппарат, по которым должен выполнить твёрдотельные модели и провести в программе-слайсере подготовку программ для выполнения полученных моделей на 3D-принтере.

Занятие 3. Выбирается тип корпуса отсека (герметичный, негерметичный) и форма, определяется объём, необходимый для размещения приборов. Проводится размещение заданных приборов на плоской панели в соответствии с требованиями, указанными на габаритных чертежах. Разрабатываются способ и конструкция крепления приборов. В случае необходимости выполняются твёрдотельные модели узлов крепления. При компоновке необходимо обеспечить заданное положение центра масс.

Занятия 4 и 5. Выполняется внутренняя компоновка космического аппарата. Изготавливаются на 3D-принтере модели приборов и узлов крепления.

Занятие 6. Выполняется сборка компоновочного макета разработанного космического аппарата.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ МЕТОДИКИ

В 2014—2015 учебном году впервые проводились практические занятия по изложенной выше методике. За основу был выбран один из малых космических аппаратов, перечень приборов, которого приведён в работе [3]. Занятия проводились в группе СМ2-81, состоящей из 10 человек. Было принято решение изготовить один компоновочный макет.

Как указано выше, считалось, что КА имеет кубическую форму, все приборы не требуют размещения в герметичном отсеке. Приборы монтируются на панелях, образующих стенки корпуса. Было принято, что крепление приборов осуществляется непосредственно на панелях без кронштейнов и т.п. Каждый студент выполнил 2—3 твёрдотельные модели приборов. Габаритные макеты приборов были напечатаны на 3D-принтере BFB-3000 из ABS-пластика [4]. Вид макетов показан на рис. 1. При печати макетов потребовалось найти компромисс между масштабом моделей, степенью их детализации и скоростью печати для того, чтобы напечатать все модели в течение семестра с учётом неизбежных работ над ошибками.

Одновременно с изготовлением моделей приборов выполнялась компоновка панелей. После выполнения компоновки панелей проводилась компоновка всего аппарата в сборе, которая требовала коррекции компоновки панелей. После изготовления макетов блоков проводился их об-

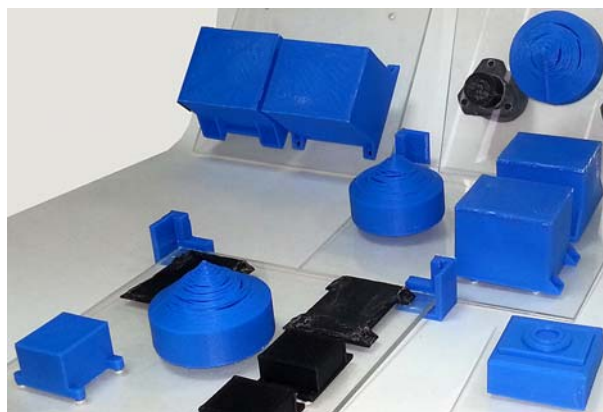


Рис. 1. Габаритные макеты приборов, выполненные на 3D-принтере

мер. В результате вводилась коррекция компоновки панелей с учётом термической усадки моделей. Окончательно выпускались чертежи панелей из оргстекла с указанием расположения отверстий для крепежа блоков, которые передавались учебному мастеру для изготовления. После изготовления панелей осуществлялись их входной контроль и сборка макетов панелей. На рис. 2 приведён пример готового компоновочного макета одной из панелей.

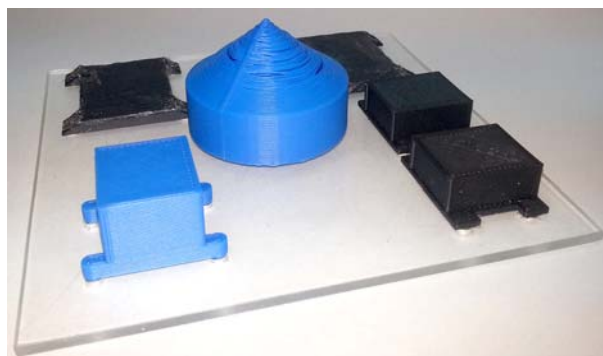


Рис. 2. Пример компоновочного макета панели корпуса космического аппарата

После изготовления полного комплекта панелей была проведена сборка аппарата в целом. Общий вид компоновочного макета, полученный в результате семестровой работы группы показан на рис. 3.

В ходе работы над проектом неизбежно возникли некоторые компоновочные ошибки. Например, на рис. 3 видно, что правильной установке звездного датчика (черный элемент слева вверху) мешает блок аппаратуры (синий блок). Кроме того, дефицит времени не позволил проработать подробно узлы крепления панелей и эти элементы были спроектированы и напечатаны упрощённо в виде угловых кронштейнов (см. рис. 3).

Однако все обнаруженные ошибки явились полезной обратной связью для студентов, и полученный макет стал основанием для получения студентами зачёта по курсу «Компоновка бортового оборудования космических аппаратов».

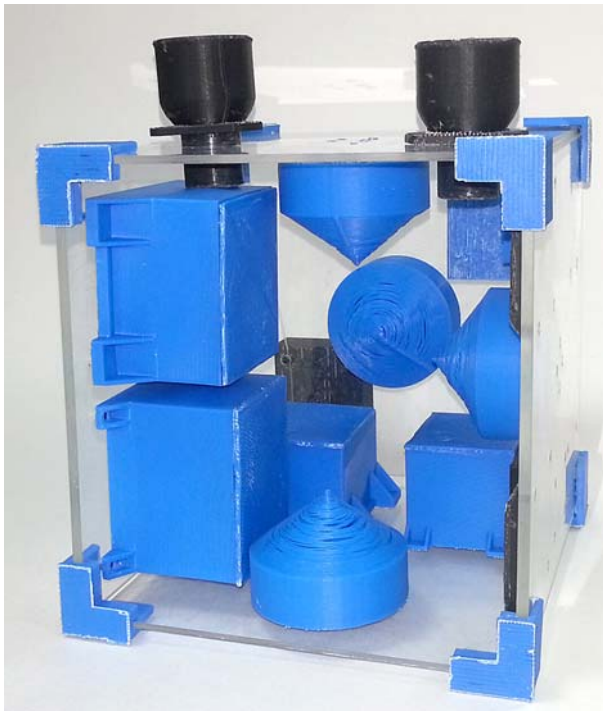


Рис. 3. Пример результата работы студентов: компоновочный макет КА

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе первого испытания методики были уточнены возможности 3D-принтера и программы слайсера [5]. Стало понятно, что цикл изготовления макета детали составляет в среднем 2—3 часа на один компонент. Установлено, что крупные блоки необходимо делать сборными (состоящими из корпуса и крышки) для экономии материала. Общий объем пластика, затраченного на проект, составил примерно 1кг.

Первый опыт интеграции в одном учебном курсе компьютерных технологий геометрического моделирования и трёхмерной печати показал, что работа

с физическими макетами существенно повышает интерес студентов к изучаемому курсу.

Поскольку готовый материальный макет «не прощает» ошибок компоновки в отличие от виртуального макета, где интерференция компонентов может остаться незамеченной, работа над проектом потребовала от студентов большей вовлеченности и ответственности.

Коллективная работа над проектом оказалась полезным тренингом групповой работы по решению общей творческой задачи.

Результаты тестирования методики были признаны успешными, и в настоящее время заканчивается второй год использования описанной методики. Студенты работают на макетировании двух компоновок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **I. Gibson, D. Rosen, B. Stucker.** Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing. 2nd ed. Springer. 2015. 498 p.
2. **Щеглов Г.А.** Автоматизированное проектирование элементов конструкций аэрокосмических систем: методические указания к лабораторным работам. Ч. 1. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 31 с.
3. **Туманов А.В., Зеленцов В.В., Щеглов Г.А.** Основы компоновки бортового оборудования космических аппаратов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. 344 с.
4. **3D-принтер BFB-3000.** Руководство пользователя. [Электронный ресурс]. URL: http://cubify.s3.amazonaws.com/public/bfb/d100253_bfb-3000_set_up_and_operations_manual_v3-0.pdf (дата обновления 25.11.2015).
5. **Axon 2. User manual.** [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fablabbergenopzoom.nl/wp-content/uploads/2014/04/AXON-User-manual.pdf> (дата обновления 25.11.2015).

V.V. Zelentsov, G.A. Shcheglov

zelentsov33@gmail.ru; georg@energomen.ru
Bauman Moscow State Technical University, Moscow

CAD AND 3D-PRINTING TECHNOLOGIES INTEGRATION IN TRAINING COURSE OF SPACECRAFTS ONBOARD EQUIPMENT LAYOUT

SUMMARY

In the report results of the first experience of introduction of 3D-printing technologies in practice of training of students in bases of the spacecraft's onboard equipment layout are considered. Results of creation of the layout model of the spacecraft during a course from six practical training are given. It is established that work on the project demanded from students of a bigger involvement and responsibility and caused a great interest.

ПРОСТОЙ ЯЗЫК ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПРОГРАММИРОВАНИЮ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ, ОСНОВАННОМУ НА ПЕРЕДАЧЕ СООБЩЕНИЙ

АННОТАЦИЯ

Рассматривается простой язык, обеспечивающий программирование распределённых приложений вычислительного характера, в которых используется принцип передачи сообщений между параллельно протекающими процессами. Базовым понятием языка является понятие распределённой вычислительной схемы. Язык в силу простоты используемых в нём конструкций легко осваивается учащимися и может предварять изучение гораздо более сложных программных инструментов, например, стандарта MPI.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время кластерные вычислительные системы широко применяются в различных областях науки и техники. Стандартом разработки распределённых приложений для этих систем де-факто является *Message Passing Interface (MPI)*, изучению которого в технических вузах уделяется большое внимание. Студенты, первоначально освоившие *Pascal* или *Basic*, испытывают значительные трудности, приступая к изучению технологии программирования, основанной на *MPI*. Новый для них базовый язык программирования (*C* или *Fortran*) в сочетании с большим числом синтаксически и семантически сложных стандартных функций *MPI* затеняют его главную технологическую концепцию — передачу сообщений между параллельно протекающими последовательными процессами. В этом случае для начального обучения распределённому программированию может быть использован простой командный язык, в котором передача сообщений выведена на передний план. Такой язык, названный языком распределённых вычислительных схем, представлен в настоящем докладе.

1. РАСПРЕДЕЛЁННЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СХЕМЫ

Предлагаемый язык программирования использует модель вычислений, основанную на асинхронном взаимодействии регулярных последовательных процессов, т.е. процессов, состав и порядок следования команд в которых жёстко фиксированы. Вычисления, отвечающие данной модели, названы распределёнными регулярными вычислениями [1]. Распределённые вычисления задаются посредством регулярных вычислительных схем (РВС) — абстрагирующих понятие распределённого алгоритма, перерабатывающего

исходные данные в результате в соответствии с регулярным — не зависящим от значений обрабатываемых данных и времени выполнения команд — законом. В настоящее время регулярные схемы, подобные тем, что рассматриваются в работе, применяются для задания процессов вычислений в кластерных и сетевых системах специального назначения [2].

С необходимой долей строгости РВС — это конечное множество пронумерованных программ (для каждой из которых специфицированы структура данных и массив команд), обменивающихся сообщениями через буферизированные связи. Графически структура РВС представляется в виде орграфа с вершинами-программами и дугами-связями. Пример структуры РВС показан на рис. 1.

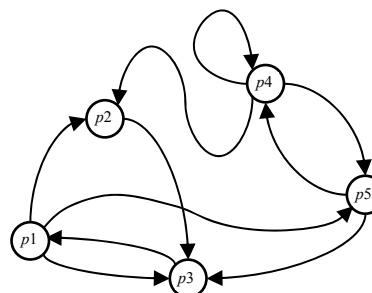


Рис. 1. Пример структуры РВС

2. СТРУКТУРЫ ДАННЫХ ЯЗЫКА РВС

В структуре данных языка элемент данных — поименованный информационный объект, способный в процессе вычислений хранить элементарные значения некоторого фиксированного типа τ , принадлежащего конечному базисному множеству типов T . Тип элемента данных определяет множество его допустимых значений и набор операций, в которых элемент может использоваться в качестве операнда. Обозначим произвольный элемент данных через e , его текущее значение через ε , а множество допустимых значений элемента — через E_τ , где $\tau = \text{type}(e)$. Функцию type будем применять для определения типа элемента данных.

Структура данных — поименованная конечная, иерархически упорядоченная совокупность элементов данных. В процессе вычислений структура данных может хранить структурированные значения, которые назовём блоками дан-

ных. Структуру данных d определим следующим образом:

- элемент данных произвольного базисного типа есть структура данных, т.е. $d = e$;
- если d_1, \dots, d_n — структуры данных и $n \geq 1$, то $d = \langle d_1, \dots, d_n \rangle$ — структура данных.

Для обозначения структур будем использовать прописные латинские буквы, если нужно с индексами. Через $t \in T$ обозначим тип структуры данных d ; функцию типа распространим на структуры данных в соответствии с приведенным выше индуктивным определением d :

- при $d = e$ $\text{type}(d) = \text{type}(e) = \tau \in T$;
- при $d = \langle d_1, \dots, d_n \rangle$ $\text{type}(d) = \langle \text{type}(d_1), \dots, \text{type}(d_n) \rangle = \langle t_1, \dots, t_n \rangle = t \in T$.

Через Δ_t обозначим множество значений структуры d , имеющей тип $t = \text{type}(d)$.

На множестве всех возможных структур, содержащих в качестве элементов данных элементы базисных типов из T , определим две внутренние операции — структуризацию и квалификацию. n -арная ($n \geq 1$) операция структуризации, обозначаемая парными угловыми скобками, уже использовалась как «строительный инструмент» при определении структур данных. Бинарную инфиксную операцию квалификации, присутствующую практически во всех языках программирования высокого уровня, определим следующим образом. Пусть l — индекс, принимающий значения на множестве целых неотрицательных чисел. Тогда:

- если $d = e$, то $d.l = d$ при $l = 0$ и $d.l$ не определено для $l > 0$;
- если $d = \langle d_1, \dots, d_n \rangle$, то $d.l = d$ при $l = 0$, $d.l = d_l$ при $1 \leq l \leq n$ и $d.l$ не определено для $l > n$.

Суперпозицию операций квалификации будем записывать в бесскобочной форме, предполагая, что скобки должны быть расставлены по ассоциации налево, т.е. запись $d.l_1.l_2. \dots .l_k$, $k \geq 1$ — эквивалентна записи $(\dots((d.l_1).l_2). \dots).l_k$. Суперпозиция $d.l_1.l_2. \dots .l_k$ определена, если все входящие в неё операции квалификации определены и не определена в противном случае.

Структура данных d' входит в структуру d (является подструктурой структуры d , $d' \subseteq d$), если существуют индексы l_1, \dots, l_k такие, что $d' = d.l_1. \dots .l_k$. Упорядоченный набор индексов $dp = \langle l_1, \dots, l_k \rangle$, определяющий место структуры d' в структуре d , назовем указателем d' в d .

Из приведенного выше определения операции квалификации следует, что нулевые индексы не влияют на результат суперпозиции $d.l_1.l_2. \dots .l_k$ и могут быть удалены из соответствующего указателя. Необходимость использования нулевых индексов возникает только в том случае, когда требуется в общей форме $d.dp$ сослаться на корневую

структуру d , используя равенство $d.0 = d$. Следует также отметить, что в качестве индексов в суперпозиции $d.l_1.l_2. \dots .l_k$ наряду с константами могут использоваться целые неотрицательные значения элементов данных, заданные в форме $(d.dp)$.

Структуры данных представим графически. На рис. 2 приведён пример дерева, соответствующего трёхуровневой структуре данных РВС. Корневой узел дерева ассоциирован со структурой d , промежуточные узлы — с подструктурами структуры d , листовые узлы — с элементами данных, образующими структуру. Из рис. 2 следует, что подструктура, задаваемая операцией квалификации $d.3$, является однородной подструктурой, её элементы $d.3.1 - d.3.10$ имеют один и тот же тип. Однородные структуры данных назовём массивами данных.

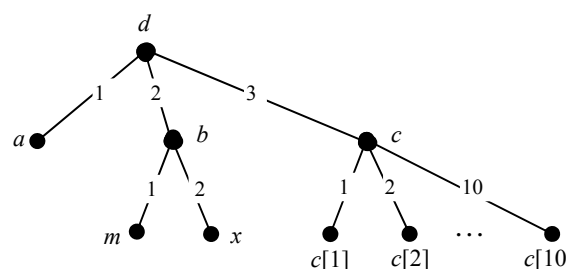


Рис. 2. Пример структуры данных

Учитывая особенности приведённой структуры данных, запишем пример оператора присваивания, содержащего операции квалификации: $d.1 := d.1 + d.3.(d.2.1)*d.2.2$.

Структуры данных рассматриваемого класса могут быть заданы средствами языка программирования высокого уровня, в частности варианта расширенного языка *Pascal*. Спецификация структуры данных, представленной на рис. 2, в этом случае будет выглядеть следующим образом:

```

d:structure
a:real;           {элемент d.1}
b:structure      {элемент d.2}
  m:integer;     {элемент d.2.1}
  x:real;        {элемент d.2.2}
end;
c:array[1..10]of real; {массив d.3.1 - d.3.10}
end; .

```

На языке высокого уровня выше приведённый оператор присваивания может быть переписан в виде $d.a := d.a + d.c[d.b.m]*d.b.x$.

3. КОМАНДЫ ЯЗЫКА РВС

Массив команд — однородная структура, состоящая из подструктур фиксированного вида — команд, имеющих следующий формат:

$\langle \text{cop}, \text{op1}, \text{op2} \rangle$,

где cop — код операции, op1 , op2 — операнды команды.

Ядро набора команд, используемых в программах РВС, содержит семь видов команд: *IN-*

PUT, OUTPUT, TRANSFORM, SEND, RECEIVE, REPEAT, HALT.

Команда ввода данных *INPUT* имеет вид $\langle IPT, i, dp \rangle$, где *IPT* — код операции ввода, *i* — номер источника данных, *dp* — указатель подструктуры данных, входящей в структуру данных РВС и обеспечивающей хранение вводимого значения. Блок данных из источника с номером *i* передается в структуру *d.dp*.

Команда вывода данных *OUTPUT* имеет вид $\langle OPT, i, dp \rangle$, где *OPT* — код операции вывода, *i* — номер приемника данных, *dp* — указатель структуры данных, входящей в структуру данных программы и обеспечивающей хранение выводимого значения. Блок данных из структуры *d.dp* передается в приёмник с номером *i*.

Команда преобразования данных *TRANSFORM*, имеет вид $\langle TRM, i, dp \rangle$, где *TRM* — код операции преобразования, *i* — номер процедуры, осуществляющей преобразования, *dp* — указатель структуры, входящей в структуру данных программы и содержащей преобразуемый блок данных. Блок данных, хранящийся в структуре *d.dp*, преобразуется процедурой с номером *i*. Используя ранее введённые обозначения, можно написать, что $f_i: \Delta_t \rightarrow \Delta_t$, где Δ_t — множество значений структуры *d.dp* такое, что $type(d.dp) = t$, а f_i — процедура, применимая к структурам данных типа *t*.

Команда отправки сообщения *SEND* имеет вид $\langle SND, i, dp \rangle$, где *SND* — код операции отправки сообщения, *i* — номер программы-получателя сообщения, *dp* — указатель структуры данных, входящей в структуру данных программы-отправителя, в которой хранится пересылаемое значение. Блок данных из структуры *d.dp* записывается в буфер связи, обеспечивающей передачу сообщений от текущей программы программе с номером *i*.

Команда приёма сообщения *RECEIVE* имеет вид $\langle RCV, i, dp \rangle$, где *RCV* — код операции приёма сообщения, *i* — номер программы-отправителя сообщения, *dp* — указатель структуры данных, входящей в структуру данных программы-получателя, в которую помещается принимаемое значение. Блок данных читается из буфера связи, обеспечивающей передачу сообщений от программы с номером *i* текущей программе, и помещается в структуру *d.dp*. Прочитанный блок удаляется из буфера связи.

Структуры с указателями *dp'* и *dp''* в командах $\langle SND, i', dp' \rangle$ и $\langle RCV, i'', dp'' \rangle$, образующих пары отправитель-получатель, должны быть согласованы по типу, т.е. для них должно выполняться равенство $type(d'.dp') = type(d''.dp'')$, где *d'* и *d''* — структуры, хранящие передаваемый и

принимаемый блоки данных в соответствующих программах.

Команда циклического повторения *REPEAT* имеет вид $\langle RPT, i, j \rangle$, где *RPT* — код операции циклического повторения, *i* и *j* — целые неотрицательные константы, задающие число повторений и номер команды, предшествующей команде *REPEAT* в массиве команд, начинающей область повторения — область действия *REPEAT*. Сама команда *REPEAT* является последней командой её области действия. Если $i > 0$, то последовательность команд, образующая область действия команды *REPEAT*, циклически выполняется *i* раз, т.е. команда *i* раз передаёт управление в начало своей области действия, обеспечивая тем самым *i*+1-кратное выполнение соответствующей последовательности команд. При $i = 0$ число повторений указанной выше последовательности не ограничивается, и команда *REPEAT*, по сути дела, превращается в команду конца бесконечного цикла. Включение в набор команд РВС команды циклического повторения определяет два очевидных синтаксических правила, соблюдение которых необходимо для построения семантически корректных программ. Во-первых, области действия команд *REPEAT*, используемых в программе, не должны пересекаться, а, во-вторых, команда $\langle RPT, 0, j \rangle$, если она используется в программе, должна являться последней командой в массиве команд, определяя так называемую глобальную область повторения.

Команда завершения программы *HALT* имеет вид $\langle HLT, i, 0 \rangle$, где *i* — номер текущей программы. Осуществляется завершение процесса выполнения программы с номером *i*. Команда *HALT* должна стоять последней в массиве команд программы.

Так как массивы команд, согласно данному определению, являются однородными структурами данных, они могут быть представлены в виде деревьев с использованием определённых ранее правил. Однако на практике целесообразно использовать ассемблерное представление массивов команд, обычное для рассматриваемого уровня описания вычислительных процессов.

Массивы команд, как и структуры данных, могут быть заданы средствами языка программирования высокого уровня. В этом случае для организации циклов со статически заданным числом повторений можно использовать конструкцию *loop [i times] s*, где *i* — целая положительная константа, определяющая число повторений цикла, *s* — простой или составной оператор языка. Часть конструкции, помещенная в квадратные скобки, опциональна. Если число повторений не задано, цикл повторяется неограниченное число

раз (этот случай соответствует использованию команды конца бесконечного цикла $\langle RPT, 0, j \rangle$).

Регулярность программ на языке высокого уровня обеспечивается выполнением следующих правил. В тексте программ:

- нельзя использовать оператор безусловного перехода *go to* и ему подобные операторы;

- конструкция *loop* не может быть вложена в какие-либо управляющие конструкции, ставящие порядок выполнения операторов в зависимость от значений обрабатываемых данных, например, в конструкции *if*, *while*, *for* и другие;

- конструкция *loop* может быть вложена в другие конструкции *loop*.

Примеры представления массивов команд средствами языка программирования высокого уровня рассматриваются в следующем разделе доклада.

4. ПРИМЕР РВС КОНВЕЙЕРНОГО УМНОЖЕНИЯ МАТРИЦ

В качестве примера рассмотрим схему непрерывного действия [1], умножающую матрицу A размерностью 4×4 на последовательность матриц B той же размерности. Для решения задачи используем РВС с распределённым четырёхточечным вводом-выводом и циклической передачей столбцов матрицы B между программами основной части, непосредственно выполняющими умножение. Основная часть схемы включает четыре программы. Программа с номером i , $1 \leq i \leq 4$, формирует i -ю строку матрицы-результата C , j -й элемент которой вычисляется по формуле $C[i, j] = A[i, *] * B[*, j] = A[i, 1] * B[1, j] + A[i, 2] * B[2, j] + A[i, 3] * B[3, j] + A[i, 4] * B[4, j]$, где $1 \leq j \leq 4$.

Исходная матрица-множимое A вводится однократно в начале работы схемы программой с номером 5, которая, распределив строки матрицы по программам основной части, прекращает свою работу. Матрицы-множители B вводятся по столбцам программами основной части, причём вместе со столбцами вводятся их номера (номера вводимых столбцов, таким образом, оказываются не привязанными к номерам программ основной части). Матрицы C — результаты умножения — выводятся по строкам, сформировавшим их программами основной части.

Структура РВС конвейерного умножения матриц показана на рис. 3. Тёмными маленькими кружками здесь показаны источники и приёмники данных, используемые компонентами схемы для ввода и вывода данных.

Программы основной части с номерами 1—4 имеют одинаковые структуры данных, но различные массивы команд, что обусловлено использованием разных точек ввода исходных дан-

ных (столбцов матрицы B) и вывода результатов счёта (строк матрицы C).

Структура данных программы с номером i ($1 \leq i \leq 4$) имеет вид $d = \langle \langle A[i, 1], A[i, 2], A[i, 3], A[i, 4] \rangle, \langle j, \langle B[1, j], B[2, j], B[3, j], B[4, j] \rangle \rangle, \langle C[i, 1], C[i, 2], C[i, 3], C[i, 4] \rangle \rangle$, где i — номер строки, j — номер столбца, $A[i, l]$, ($1 \leq l \leq 4$) — элемент строки матрицы A с номером i , $B[l, j]$ — элемент столбца матрицы B с номером j , $C[i, l]$ — элемент строки матрицы C с номером i .

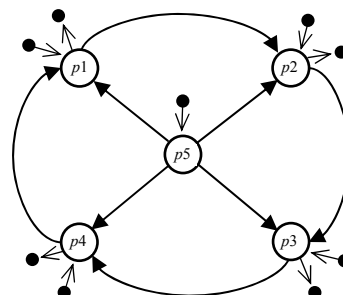


Рис. 3. Структура РВС конвейерного умножения матриц

Структура данных программы ввода и распределения строк матрицы A имеет вид: $d = \langle i, \langle \langle A[1, 1], A[1, 2], A[1, 3], A[1, 4] \rangle, \langle A[2, 1], A[2, 2], A[2, 3], A[2, 4] \rangle, \langle A[3, 1], A[3, 2], A[3, 3], A[3, 4] \rangle, \langle A[4, 1], A[4, 2], A[4, 3], A[4, 4] \rangle \rangle \rangle$. Элемент данных i используется для хранения номера строки матрицы A .

Запись программ, входящих в РВС, имеет следующий вид и не требует дополнительных пояснений:

PROG i ($1 \leq i \leq 4$)	PROG 5
1. RCV 5, 1	1. TRM 2, 1
2. IPT 1, 2	2. IPT 1, 2
3. TRM 1, 0	3. TRM 3, 1
4. SND inc4(i) , 2	4. SND (d.1), 2. (d.1)
5. RCV dec4(i) , 2	5. RPT 3, 3
6. TRM 1, 0	6. HLT 5, 0
7. RPT 3, 4	
8. OPT 1, 3	
9. RPT 0, 2	

В командах *TRANSFORM* этой РВС используются процедуры преобразования данных следующего вида:

```
f1: d.3. (d.2.1) :=
    d.1.1*d.2.2.1+d.1.2*d.2.2.2+
    d.1.3*d.2.2.3+d.1.4*d.2.2.4;
f2: d.1 := 0;
f3: d.1 := d.1+1.
```

Напомним, что заключение элемента данных в круглые скобки доставляет значение этого элемента, т.е. $(e) = e$.

Спецификация РВС конвейерного умножения матриц на языке высокого уровня имеет следующий вид:

```

program pi; {1 ≤ i ≤ 4}
var
  A[i,*]:array[1..4]of real; {i-я строка матрицы A}
  SB:structure {столбец матрицы B и его номер}
    j:integer;
    B[* ,j]:array[1..4]of real;
  end;
  C[i,*]:array[1..4]of real; {i-я строка матрицы C}
function inc4(x:integer):integer; {функция увелич}
begin
  if x<4 then return x+1 else return 4;
end;
function
dec4(x:integer):integer; {функц.уменьшен}
begin
  if x>1 then return x-1 else return 4;
end;
begin
  receive(5,A[i,*]); {прием i-й строки A от программы 5}
  loop
  begin {начало глобальной области повторения}
    read(1,SB); {ввод столбца матрицы B с его номером}
    C[i,j]:=A[i,1]*B[1,j]+A[i,2]*B[2,j]+
      A[i,3]*B[3,j]+ A[i,4]*B[4,j];
    loop 3 times
    begin
      send(inc4(i),SB); {посылка столбца B и его ном}
      receive(dec4(i),SB); {прием столб. B и его ном}
      C[i,j]:=A[i,1]*B[1,j]+A[i,2]*B[2,j]+
        A[i,3]*B[3,j]+A[i,4]*B[4,j];
    end;
    write(1,C[i,*]); {вывод строки матрицы C}
  end; {конец глобальной области повторения}
end.
program p5;
var
  i:integer; {номер строки матрицы A}
  A[* ,*]:array[1..4,1..4]of real; {матрица A}
begin
  i:=0;
  read(1,A[* ,*]); {ввод матрицы A}
  loop 4 times
  begin
    i:=i+1;
    send(i,A[i,*]); посылка i-й строки A i-й программе}
  end;
end.

```

5. ПРИНЦИПЫ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ВЫПОЛНЕНИЯ РВС

Как пример системы, реализующей регулярные вычисления, задаваемые РВС, рассмотрим архитектуру абстрактной регулярной системы (АРС). АРС — конечное множество пронумерованных вычислительных машин, подключённых, с одной стороны, к общему коммуникатору, а с другой стороны, если необходимо, — к устройствам, исполняющим роль логических источников и приёмников данных (рис. 4).

Вычислительные машины (ВМ) — процессорные модули, способные выполнять программы РВС. Между машинами АРС и программами РВС установлено взаимно-однозначное соответствие — k -ю программу реализует k -я ВМ.

Коммуникатор — коммутирующее устройство, обслуживающее множество ВМ системы в режиме разделения времени (кольцевое обслуживание) и обладающее возможностью хранения сообщений, передаваемых машинами друг другу.

Коммуникатор реализует множество буферизированных связей РВС, поддерживая тем самым асинхронное взаимодействие входящих в схему программ.

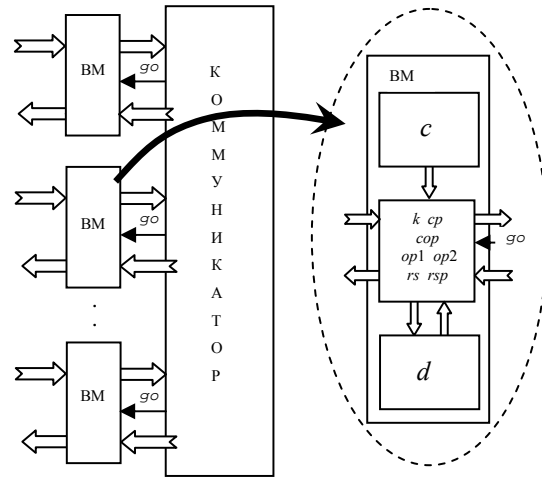


Рис. 4. Структура абстрактной регулярной системы

Структура ВМ (на рис. 4 детализация ВМ вынесена в пунктирный овал) включает следующие компоненты хранения данных:

d — память данных — предназначена для хранения исходных и промежуточных значений, а также результатов вычислений (структура данных программы);

c — память команд — предназначена для хранения последовательности команд, выполняемых машиной и входящих в набор команд, определённых для РВС (массив команд программы);

cp — регистр-указатель выполняемой команды из c ;

cop — регистр кода операции команды;

$op1$ — регистр первого операнда команды. В зависимости от кода операции это номер источника/приёмника данных, номер программы или номер процедуры преобразования данных, хранящейся в памяти команд;

$op2$ — регистр второго операнда. В зависимости от кода операции это указатель структуры (блока) данных, хранящейся в памяти d , или номер команды, начинающей область действия цикла;

rs — стек повторений, состоящий из NE уровней, где NE — константа, определяющая максимально допустимую вложенность областей повторения в программах РВС;

rsp — регистр-указатель верхнего уровня стека повторений ($0 \leq rsp \leq NE$).

В структуре стека повторений rs компоненты $rs.1, \dots, rs.NE$ — уровни стека, представляющие собой структуры данных, состоящие из двух элементов. Первый элемент данных $rs.l.1$ содержит номер команды *REPEAT*, которой соответствует l -й ($1 \leq l \leq NE$) уровень стека, а второй элемент данных $rs.l.2$ является реверсивным счётчиком

числа повторений, заданных в указанной выше команде.

Алгоритм функционирования ВМ зададим следующей процедурой:

```

procedure eval;
begin                                {начало процедуры eval}
  cp:=1; {инициализация указателя выполняемой команды}
  rsp:=1; {инициализация указателя стека повторений}
  loop
    begin                                {начало цикла выполнения команд}
      cop:=c.cp.1; {выборка коп текущей команды}
      op1:=c.cp.2; {выборка первого операнда}
      op2:=c.cp.3; {выборка второго операнда}
      case cop of {дешифрация кода операции}
        IPT:input (op1,d.op2); {ввод блока данных}
        OPT:output (op1,d.op2); {вывод блока данных}
        TRM:transform (op1,d.op2); {преобр.блока данных}
        SND:begin
          ready (op1); {запрос, проверка готовн.коммуник}
          send (d.op2); {посылка данных в буфер коммун.}
        end;
        RCV:begin
          ready (op1); {запрос и проверка го-
товн. коммун.}
          receive (d.op2); {прием данных из коммуник.}
        end;
        RPT:begin {начало выполнения команды REPEAT}
          if op1=0 then {если число повтор.нулевое, то}
            cp:=op2-1 {переход в начало глоб.обл.повтор.}
          else {иначе}
            if cp<>rs.rsp.1 then {если REPEAT новая}
              begin {начало выделения уровня в стеке}
                rsp:=rsp+1; {инкр.указ.верх.уровня стека}
                rs.rsp.1:=cp; {сохр.указ.выполн. команды}
              end;
            rs.rsp.2:=op1; {уст.рев.счетч.повторений}
            cp:=op2-1; {переход в нач.области повтор.}
          end; {конец выделения уровня в стеке}
          else {иначе, если REPEAT уже выполнял.}
            begin {начало обраб.уровня, отведен.команде}
              rs.rsp.2:=rs.rsp.2-1;
            end;
          if rs.rsp.2<>0 then {если не нуль, то}
            cp:=op2-1; {переход в начало обл.повтор.}
          else {иначе}
            rsp:=rsp-1; {декр.указ.верх.уровня стека}
          end;
        end; {конец выполнения команды REPEAT}
        HLT:stop (op1); {корректное завершение программы}
        cp:=cp+1; {инкремент указ.выполн.команды}
      end; {конец цикла обработки команд}
    end; {конец процедуры eval}

```

Выполнение команд *INPUT* и *OUTPUT* носит традиционный характер и не требует дополнительных пояснений.

При выполнении команды *TRANSFORM* вызывается процедура *transform*, применяющая процедуру преобразования данных, хранящуюся в памяти команд, к блоку данных *d.op2*. Указатель точки входа (транслированный номер) процедуры преобразования данных содержится в *op1*.

При выполнении команды *SEND* процедура *sendready* выдает в коммуникатор запрос на запись блока данных в буфер, связывающий текущую ВМ с ВМ-получателем, заданным содержимым *op1*. В тот момент, когда запись блока данных в коммуникатор становится возможной, по-

следний устанавливает признак готовности *go* (см. рис. 4) и выполнение процедуры *sendready* завершается. В процессе выполнения процедуры *sendready* ВМ может перейти в режим ожидания готовности коммуникатора вследствие его занятости обслуживанием других ВМ. Установка признака *go* в единичное состояние приводит к завершению ожидания (если таковое имело место), чтению блока *d.op2* из памяти данных и записи его в коммуникатор для передачи получателю. Указанные действия непосредственно осуществляются процедурой *send*, реализуемой ВМ и коммуникатором совместно в интерактивном режиме. Выполнение процедуры *send* приводит к размещению нового сообщения в коммуникаторе.

При выполнении команды *RECEIVE* процедура *receiveready* выдает в коммуникатор запрос на чтение блока данных из буфера, связывающий текущую ВМ с ВМ-отправителем, заданным содержимым *op1*. В тот момент, когда чтение сообщения из коммуникатора становится возможным, последний устанавливает признак готовности *go* и выполнение процедуры *receiveready* завершается.

В процессе выполнения процедуры *receiveready* ВМ может перейти в режим ожидания готовности коммуникатора, либо вследствие его занятости обслуживанием других ВМ, либо вследствие отсутствия сообщения в соответствующем буфере. Установка признака *go* в единичное состояние приводит к завершению ожидания (если таковое имело место), чтению блока из коммуникатора и записи его в память данных по указателю, содержащемуся в *op2*. Указанные действия непосредственно осуществляется процедурой *receive*, реализуемой ВМ и коммуникатором совместно в интерактивном режиме. Выполнение процедуры *receive* приводит к удалению прочитанного блока данных из коммуникатора.

Функционирование АРС складывается из независимого функционирования входящих в систему вычислительных машин, информационно связанных через общий коммуникатор. При этом исходные состояния вычислительных машин АРС таковы: память данных *d* инициализирована для выполнения программы, память команд *c* содержит последовательность команд программы. Коммуникатор в начале вычислений сообщений не содержит – он пуст.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленный в докладе язык РВС нашёл применение в учебном курсе «Модели вычислений и архитектура вычислительных систем», читаемом на кафедре вычислительных машин, систем и сетей магистрантам первого года обучения. Наряду с этим курсом, но с некоторым сдвигом во времени, в кур-

се «Высокопроизводительные вычислительные системы» студенты изучают стандарт распределённого программирования *MPI*, базирующийся на языке *C*. Опыт преподавания *MPI* в такой связке показал, что студенты хорошо воспринимают основы технологии распределённого программирования, быстро схватывают суть дела и начинают самостоятельно писать достаточно сложные программы для кластерных и сетевых вычислительных систем.

G.A. Kalinina, Y.Y. Morokhovets

KalininaGA@mpei.ru; MorokhovetsYY@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

SIMPLE LANGUAGE FOR TEACHING OF DISTRIBUTED APPLICATIONS PROGRAMMING, BASED ON MESSAGE PASSING STANDARD

SUMMARY

The report examines simple language that provides the programming of distributed applications computational nature in which the principle of the transfer of messages between simultaneous processes. The basic concept is the concept of language distributed computing scheme. Language, by virtue of simplicity scheme constructions, easy to learn, and students can anticipate studying much more sophisticated software tools, such as the standard *MPI*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Распределённые** конвейерные вычисления: модели, свойства, реализация и применение/ Отчёт о НИР, № гос. рег. 01200001482, научный рук. И.И. Ладугин. М.: МЭИ, 2003. 101 с.
2. **Таненбаум Э., ван Стеен М.** Распределённые системы. Принципы и парадигмы. М.: Питер, 2003. 880 с.

ГЕНЕРАТОР ЗАДАНИЙ ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКЕ

АННОТАЦИЯ

Предлагается решение проблемы обеспечения оригинальности контрольных заданий по дисциплине «Инженерная графика», непосредственно связанной с проблемой модернизации существующих и создания новых фондов оценочных средств в вузе.

Проведён анализ деталей, используемых в графических заданиях по теме «Разрезы и сечения» выделены типовые элементы форм деталей, проанализированы конструктивные зависимости элементов.

Разработана программа «Генератор заданий по инженерной графике», которая может быть размещена как Web-страница или преобразована в приложение для требуемой платформы.

ВВЕДЕНИЕ

Создание и обновление фонда оценочных средств (ФОС) в соответствии с требованиями Федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) является актуальной задачей обеспечения учебного процесса в техническом вузе.

В современных условиях ФОС попадают в фонды открытого доступа через Интернет. Поэтому проблема обеспечения конфиденциальности контрольных заданий непосредственно связана с проблемой модернизации и создания новых ФОС. Для решения этих проблем используются современные программные и аппаратные средства.

Существующие программы генерации контрольных заданий ориентированы на представление информации в виде текста, что не позволяет в полной мере оценить результаты обучения по графическим дисциплинам.

1. АНАЛИЗ ГРАФИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ

В ходе исследования были проанализированы типовые элементы объектов — деталей, используемых в форме 2D моделей в качестве комплексных контрольных графических заданий по дисциплине «Инженерная графика» и изучаемых в теме «Разрезы и сечения» [1].

Задания по этой теме представляют собой корпусные детали и включают подзадачи пересечения поверхностей, построения третьего вида объекта по двум заданным видам, построения разреза с учётом условностей, изложенных в Государственных стандартах Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) [2].

В результате анализа были выделены следующие внешние элементы форм деталей (рис. 1):

1) базовые корпусные элементы: цилиндр, конус, тор (рис. 1);

2) фланцы различных типов: цилиндрический, призматический и комбинированные с цилиндрической частью поверхности (рис. 2);

3) рёбра жёсткости (тонкие стенки) (рис. 3);

4) плоские срезы,

а также внутренние элементы формы деталей:

5) сквозное призматическое отверстие, соосное с внешним элементом формы детали;

6) сквозное цилиндрическое отверстие, перпендикулярное оси внешнего элемента формы детали;

7) сквозное цилиндрическое отверстие, соосное с внешним элементом формы детали;

8) сквозное комбинированное отверстие, соосное с внешним элементом формы детали;

9) сквозное комбинированное отверстие, перпендикулярное оси внешнего элемента формы детали;

10) внутренние монолитные выступы.

На рис. 1—3 элементы форм деталей представлены в виде, удобном для синтеза новых форм в процессе генерации.

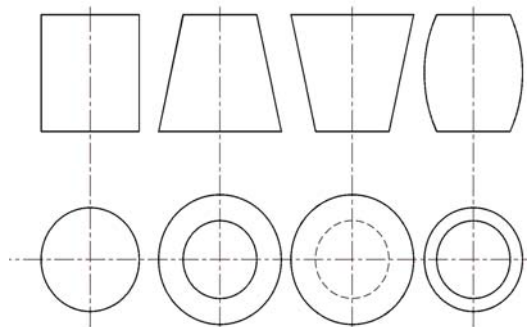


Рис. 1. Базовые корпусные элементы форм деталей

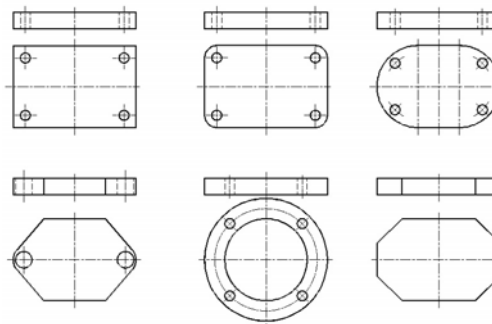


Рис. 2. Фланцы различных форм

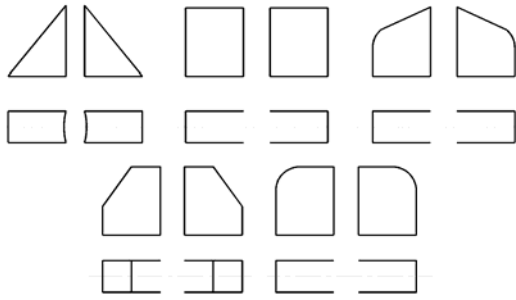


Рис. 3. Формы рёбер жёсткости

Были также проанализированы и учтены конструктивные зависимости и ограничения, необходимые для создания корректных 2D моделей, близких по форме к реальным деталям и удобных для выполнения графических заданий. К таким зависимостям и ограничениям относятся:

- условие соосности корпуса и фланца;
- наличие проекционной связи между изображениями;
- условие «читаемости» изображений, в частности ограничение по наложению линий пересечения элементов детали на 2D изображении;
- условие соответствия графического и текстового заданий, представленных в формате А4.

2. ПРОГРАММА ГЕНЕРАЦИИ ЗАДАНИЙ

При разработке программы «Генератор заданий по инженерной графике» (ГЗИГ) учитывались следующие технические требования к программе:

- доступность программы для любого устройства;
- генерация заданий с малой вероятностью повторения;
- сгенерированные задания должны иметь верное решение;
- задание должно размещаться на формате А4 с соответствующим текстовым заданием;
- обеспечение возможности распечатать или сохранить задание в формате, читаемом на большинстве устройств.

В процессе создания программы были разработаны соответствующие методы, необходимые для достижения этих требований.

Для реализации доступности программы с любого устройства использовался язык программирования JavaScript совместно с языками разметки HTML и CSS в соответствии со стандартом HTML5. Это позволяет воспроизводить программу на широком спектре устройств и программных систем, поддерживающих стандарт HTML5 [3]. В дальнейшем полученная программа может быть размещена как Web-страница или преобразована в приложение для требуемой платформы.

Учебный материал, полученный в результате работы программы, может быть сохранён в лю-

бом доступном формате, который поддерживает устройство. Таким форматом может быть XPS, PDF, HTML и т.п.

При создании модуля генерации заданий был разработан специальный алгоритм генерации заданий, основанный на генераторе псевдослучайных чисел, правилах нечёткой логики и условных ограничениях. Это позволяет, используя заранее созданные части элементов графических заданий, получить итоговое сгенерированное задание, которое имеет верное решение и малую вероятность повторения сгенерированного варианта.

Процесс генерации состоит из нескольких стадий. На первой стадии создаётся двумерная матрица с графическими элементами, из которых строится дальнейшее задание.

В актуальной версии программы генерации заданий по инженерной графике матрица имеет размер в 10 строк и определённое количество столбцов для каждой строки. Каждая строка отвечает за определённый вид графического элемента.

В строках содержится информация о фрагментах, которые описывают необходимый графический элемент, а в столбцах непосредственно вариант данного необходимого графического элемента.

В каждой строке содержится не менее восьми элементов, отвечающих за графическое отображение определённого элемента чертежа детали, выдаваемого в форме 2D модели при генерации задания.

Используя формулу комбинаторики [4] можно примерно рассчитать количество возможных вариантов заданий (C), выдаваемых программой:

$$C = n^k,$$

где n — количество строк; k — количество элементов в строке.

В нашем случае количество строк будет равно 10, а количество элементов в строке — 8. Согласно полученному значению примерное количество возможных вариантов равно 10^8 , что практически полностью исключает вероятность повторения выдаваемых графических заданий.

3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ СОЗДАНИЯ ГРАФИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ ГЗИГ

Формирование задания выполняется в интерактивном режиме с использованием интерфейса программы.

В ходе создания графического задания преподаватель выбирает внешние и внутренние элементы форм детали в зависимости от поставленной педагогической задачи, уровня трудности задания, этапа проверки сформированных знаний, умений и владений.

Например, для итоговой проверки полученных в первом семестре обучения знаний, умений и владений в результате изучения дисциплины «Инженерная графика» ставится задача проверки:

- знания Государственных стандартов ЕСКД, в частности ГОСТ 2.305—2008 [2];
- умения студентами анализировать формы сложных объектов;
- умения проводить декомпозицию объектов, представленных в форме 2D моделей;
- умения выделять подзадачи пересечения различных элементов форм;
- владения методами прогнозирования результатов графических преобразований;
- владения методами выполнения графических изображений сложных объектов по различным направлениям проецирования.

Интерфейс программы позволяет регулировать сложность геометрического объекта и соответственно его графического изображения, используемого в качестве контрольного учебного задания. На рис. 4 представлено экранное меню, которое позволяет формировать графические модели различной сложности.

- Фланец
 - Вертикальное отверстие
 - Горизонтальное отверстие
 - Горизонтальное отверстие (ГОР)
 - Ребра жесткости
 - Комбинированный фланец
 - Срез
 - Корпус
 - Корпус комбинированный
 - Корпус цилиндрический
-

Рис. 4. Экранное меню для формирования модели из базовых элементов форм деталей

Сгенерированный вариант 2D модели объекта помещается на формат А4, где имеется поясняющее текстовое задание, которое соответствует графическому изображению.

В качестве примера рассмотрим набор заданий, представленных на рис. 5, *a—в*, полученных с помощью программы ГЗИГ.

Для генерации задания, представленного на рис. 5, *a* в качестве базовых элементов из меню (рис. 4), были выбраны:

- корпус;
- фланец;
- горизонтальное отверстие;
- вертикальное отверстие.

В сгенерированном варианте программой выбраны:

- корпус в форме самопересекающегося тора;
- фланец призматической формы;

- сквозное горизонтальное призматическое отверстие в базовой корпусной части с осью, перпендикулярной оси тора;

- сквозное вертикальное цилиндрическое отверстие с внутренними монолитными выступами.

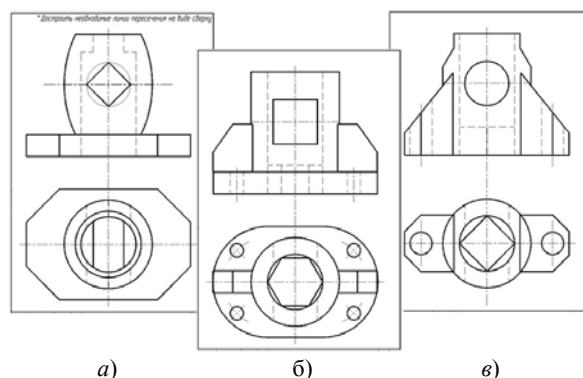


Рис. 5. Пример заданий, созданных генератором из базовых элементов форм деталей: *a* — базовый корпус – тор, фланец – призма; *b* — базовый корпус – цилиндр, фланец комбинированный; *v* — базовый корпус комбинированный

При каждом нажатии на клавишу меню «Сгенерировать» при тех же, ранее выбранных из меню базовых элементах формы, получаются различные варианты заданий, включая торовые и конические корпусные элементы двух типов (см. рис. 1), призматические или круглые фланцы, призматические или цилиндрические горизонтальные и вертикальные отверстия.

При генерации задания программа использует как призматические и гладкие цилиндрические отверстия, так и цилиндрические отверстия с различными вариантами участков поверхностей, ограниченных плоскостями. К ним относятся плоские монолитные выступы, трёхгранные, четырёхгранные и шестигранные призмы (рис. 5, *a—в*).

В результате генерации получаются варианты заданий двух типов:

- с завершёнными изображениями всех элементов детали на главном виде и виде сверху (рис. 5, *b, в*);

- с незавершёнными изображениями элементов детали на виде сверху (рис. 5, *a*).

Задание каждого из описанных выше типов помещается на бланк, который имеет текстовую часть в соответствии с типом задания. Например, для задания, представленного на рис. 5, *a* в текстовой части бланка помимо основной задачи — построить вид слева заданного объекта и выполнить необходимые разрезы — требуется завершить изображение на виде сверху, построив линии пересечения геометрических элементов.

Формирование комплекта заданий одинаковой трудоёмкости с помощью ГЗИГ требует нескольких минут. Задания могут быть распечатаны или представлены в электронном виде.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате анализа элементов внешних и внутренних форм типовых деталей, используемых в виде 2D моделей для контроля знаний, умений и владений студентов при изучении дисциплины «Инженерная графика» создан генератор графических заданий (ГЗИГ).

Решение проблемы автоматической генерации заданий позволяет:

- существенно сократить время, затрачиваемое преподавателями на подготовку методического обеспечения учебного процесса;

- обеспечить конфиденциальность заданий для объективного контроля знаний, умений и владений студентов при изучении дисциплины «Инженерная графика»;

- многократно увеличить разнообразие вариантов заданий.

Возможности генератора могут быть расширены за счёт увеличения количества элементов в базе данных и сложности комбинаций. Это позволит

применить его для создания заданий по другим темам курса графических дисциплин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Хесина Е.А., Чахеев Е.Я.** Использование электронной базы типовых элементов формы для создания заданий по дисциплине «Инженерная графика» // Труды XXII Международной научно-технической конференции «Информационные средства и технологии». В 3 т. Москва, 18—20 ноября 2014 года. Т. 2. Секция «Информационные технологии в инженерном образовании». М.: Издательский дом МЭИ. 2014. С. 85—92.
2. **Единая** система конструкторской документации. Основные положения: Сб. ГОСТов. М.: Стандартинформ, 2011.
3. **Брайан Хоган** HTML5 и CSS3. Веб-разработка по стандартам нового поколения. — 2-е изд. СПб.: Питер, 2014.
4. **Кибзуи А.И., Горянинова Е.Р., Наумов А.В., Сириутин А.Н.** Теория вероятностей и математическая статистика. Базовый курс с примерами и задачами: учебн. пособие. М.: Физматлит, 2002.

Y.P. Kasatkina, Y.A. Khesina, Y.Y. Chakheev, V.A. Sukhoverhiy

KasatkinaYP@mpei.ru; KhesinaYA@mpei.ru; ChakheevYY@mpei.ru; SukhoverkhyVA@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

ASSIGNMENTS GENERATOR ON ENGINEERING GRAPHICS

SUMMARY

Handling the problem of designing original assignments on the course of «Engineering Graphics» is proposed in the article. This problem is connected at once with the problem of modifying the actual funds of assessment means and creating the new one at university.

Analyzing details used in graphic assignments on the subject of «Sections and Sectional Views» has been carried out, type parts of detail shapes have been researched.

The soft «Assignments Generator on Engineering Graphics» (AGEG) has been developed. AGEГ can be used as a Web page or converted to application program for the used platform.

ПРИНЦИПЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ПРОГРАММНОЙ ИНЖЕНЕРИИ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён рассмотрению принципов построения содержания дисциплины «Программная инженерия» для студентов направления «Прикладная математика и информатика». Дисциплина преподаётся после получения студентами базовой подготовки по программированию, но до изучения основных дисциплин направления. Поэтому целью названной дисциплины является создание базы для разработки студентами программных продуктов для решения задач разного содержания и подготовка их к выполнению выпускной работы.

ВВЕДЕНИЕ

Согласно [2] под программной инженерией понимается систематическое применение научных и технических знаний, методов и практического опыта к проектированию, реализации, тестированию и документации программного обеспечения в целях оптимизации его производства, поддержки и качества. В данном докладе рассмотрены принципы построения содержания дисциплины «Программная инженерия» исходя из концепции жизненного цикла программного обеспечения, преподавание отдельных его этапов, соответствующие методики и инструментальные средства. Данная дисциплина преподаётся студентам направления «Прикладная математика и информатика» в 4—5 семестрах бакалавриата. В [1] различают понятия «Программная инженерия» и «Технология программирования», что, в общем-то, справедливо, но мы в этом докладе будем использовать только термин «Программная инженерия», не касаясь тонкостей их отличий. В рамках дисциплины «Программная инженерия» студент должен освоить выполнение этапов жизненного цикла программного обеспечения, их теоретические основы и поддерживающие их инструментальные средства.

1. О КОНЦЕПЦИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ

Под жизненным циклом программного продукта понимается промежуток времени от возникновения необходимости в нём до завершения его эксплуатации. Точное определение понятия «Жизненный цикл» дано в [3], там же подробно описаны все его процессы: заказ, поставка, разработка, эксплуатация, сопровождение. В общем случае необходимый программный продукт мо-

жет быть выбран и приобретён из уже существующих продуктов или разработан. В рамках дисциплины «Программная инженерия» рассмотрим только процесс разработки, потому что в рамках этого направления готовятся будущие разработчики.

Этот процесс состоит из следующих работ:

- подготовки процесса;
- анализа требований к системе;
- проектирования системной архитектуры;
- анализа требований к программным средствам;
- проектирования программной архитектуры;
- технического проектирования программных средств;
- программирования и тестирования программных средств;
- сборки программных средств;
- квалификационного испытания программных средств;
- сборки системы;
- квалификационных испытаний системы;
- ввода в действие программных средств;
- обеспечения приёмки программных средств.

Процесс эксплуатации состоит из следующих работ:

- подготовки процесса;
 - эксплуатационных испытаний;
 - эксплуатации системы;
 - поддержки пользователя.
- Процесс сопровождения состоит из следующих работ:
- подготовки процесса;
 - анализа проблем и изменений;
 - внесения изменений;
 - проверки и приёмки при внесении изменений;
 - переноса;
 - снятия с эксплуатации.

Когда студенты приступают к изучению программной инженерии, они уже прошли курс программирования на нескольких языках, но не изучали ещё дисциплины специализации, в рамках которых будут рассмотрены методы и алгоритмы решения ряда задач, поэтому целесообразно ограничиться рассмотрением следующих работ жизненного цикла:

- анализа;
- проектирования;
- программирования;
- тестирования.

Содержание этапов эксплуатации и сопровождения будут коротко рассмотрены, но в аудиторных условиях изучить их, а тем более выполнять практически, не предоставляется возможным. Часто во время прохождения производственной практики после 6-го семестра студентам удаётся видеть и участвовать в этих процессах на базе практики.

Вторым моментом, на которые обращаем внимание студентов, — это модели жизненного цикла, в первую очередь сравнение каскадной модели (модели «водопад») и модели «спираль», обсуждение их преимуществ и недостатков и областей и условий применения на практике. Основным изучаемым методом разработки будет унифицированный процесс (Rational Unified Process – RUP), главными принципами которого являются управление вариантами использования, итерационная и инкрементная разработки и архитектурно-ориентированная разработка. Поэтому основное внимание уделяется именно разработке по модели «спираль».

Важно, чтобы студенты поняли, что часто невозможно «делать всё сразу», а придётся двигаться к цели итерационным способом.

2. ИЗУЧЕНИЕ ПОДХОДОВ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЭТАПОВ АНАЛИЗА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Будут рассмотрены и проанализированы разные подходы к разработке программного обеспечения: RUP, экстремальное программирование (XP-процесс), методики SCRAM и Agile, их преимущества, недостатки и сферы применения. В ходе сравнительного анализа названных методов особое внимание обращаем на определение условий, при которых могут быть применены «облегчённые» методики и на то, чем придётся платить за это «облегчение».

Основное внимание будет уделено методике RUP, поэтому предварительно следует изучить язык UML. Сначала будут рассмотрены диаграммы этого языка (вариантов использования, классов, деятельности, последовательности, кооперации, состояний, компонентов, развертывания), затем их применение для выполнения этапов анализа и проектирования. При этом используем учебное пособие [4]. Там изложен UML 1, расширения, а включённые в более новые версии будут изучены на занятиях. По мнению авторов доклада лучше всего язык UML и его применение для анализа и проектирования изложены в [5]. Студентам рекомендуем самостоятельно работать с многочисленными обучающими сайтами по языку UML.

При изучении этапа анализа будут рассмотрены правила составления диаграммы вариантов использования, диаграммы классов анализа и

диаграммы деятельности. Студенты ознакомятся с принципами проведения системного анализа, процессом преобразования прикладной задачи в программистскую задачу, процессом определения и документирования функциональных и нефункциональных требований (по программно-технической среде реализации, по ресурсной и временной эффективности, по защите данных). При прохождении диаграммы вариантов использования внимание уделяется и определению их характеристик: важности, сложности и трудоёмкости реализации, степени риска при реализации.

При изучении составления диаграммы вариантов использования внимание студентов будет обращено на важность правильного выделения потенциальных пользователей (действующих лиц) будущего программного продукта и задач, решаемых ими и подлежащих реализации в программе, составлению общего перечня задач.

Диаграмма классов анализа должна описать статическую структуру предметной области. Поэтому внимание будет обращено на выделение состава классов анализа, отношений между ними и их характеристикам.

Диаграммы деятельности показывают процессы выполнения вариантов использования. Важно, чтобы студенты поняли необходимость и важность выделения всех (или по меньшей мере основных) путей их реализации. Коротко обращаем внимание студентов на то обстоятельство, что в принципе существуют две разновидности диаграмм: как есть и как будет (после внедрения разрабатываемого программного обеспечения), в общем случае это не одно и то же. Особо на этом не останавливаемся, потому что это относится в первую очередь к разработке информационных систем, что не является предметом нашей дисциплины.

Студенты должны при этом понять то, что не выделенное на этапе анализа не будет реализовано и устранение ошибок этапа анализа обходится существенно дороже, чем устранение ошибок, допущенных на более поздних этапах жизненного цикла.

Для реализации названных диаграмм требуется использовать CASE-средства. На занятиях для этого используем Microsoft Visual Studio Ultimate. НИУ «МЭИ» имеет академическую лицензию на этот продукт, поэтому всегда доступны новейшие версии.

При изучении проектирования рассматриваются традиционные шаги: проектирование архитектуры, проектирование вариантов использования и проектирование классов и подсистем. Разъясняем студентам суть одного из принципов RUP — архитектурно-ориентированная разработка — который по сравнению с другими принципами не столь очевиден. Другими словами, будет рас-

смотрен переход от модели анализа к модели проектирования. Для документирования результатов студенты используют диаграммы классов проектирования и последовательностей. Важно при этом почувствовать разницу между диаграммами классов анализа и проектирования и правильно реализовать согласование двух названных диаграмм. На этом этапе предстоит решить и вопрос о среде реализации. Используем среды Embarcadero RAD Studio и Microsoft Visual Studio. Языки реализации C++, C#, реже Pascal.

3. ИЗУЧЕНИЕ ЭТАПОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ И ТЕСТИРОВАНИЯ

С языками программирования студенты знакомы в результате прохождения предшествующих дисциплин, поэтому в рамках этой дисциплины рассматривают только некоторые специфические средства, которые не удалось изучить ранее. В первую очередь это работа с динамическими структурами данных с помощью контейнерных классов C++ и стандартных классов C#, использование стандартных алгоритмов C++ и лямбда-выражений; средства функционального программирования с помощью языка LINQ. При этом студенты выполняют несколько лабораторных работ по созданию и обработке этих классов из стандартных данных и из данных сложной структуры, заданных собственными классами. Язык LINQ будет впервые рассмотрен именно при прохождении этой дисциплины, поэтому предусмотрены и лабораторные работы по нему. Другой темой по реализации, рассматриваемой в этой дисциплине, является разработка многооконных приложений в средах Embarcadero RAD Studio и Microsoft Visual Studio, в том числе с применением технологий FireMonkey и WPF.

Обращаем внимание студентов на то, что в ходе реализации требуется обеспечить выполнение и нефункциональных требований.

Большое внимание уделяется методам и средствам тестирования. Будут рассмотрены классические методы: функциональное и структурное тестирование, их совместное применение, тестирование программных комплексов, построенных методом функциональной декомпозиции (монотонное и пошаговое тестирование сверху вниз и снизу вверх, их преимущества, недостатки и практическое применение) и по объектно-ориентированной методике (тестирование классов, тестирование взаимодействия классов и иерархии классов); средства тестирования и отладки в упомянутых выше средах программирования и рекомендации по их применению.

При рассмотрении тестирования программ, построенных по объектно-ориентированной ме-

тодике, рассмотрим принципы контрактного и защитного программирования, их преимущества и недостатки, особенности тестирования в зависимости от выбранного подхода. Вместе с контрактным и защитным программированием рассмотрим и язык OCL (Object Constraint Language), позволяющий записать пред- и постусловия для методов класса и инварианты классов.

Отдельный раздел посвящён современному подходу к проверке в жизненном цикле: ошибки могут возникать на любом этапе, и поэтому результаты каждого этапа нуждаются в проверке. Результаты этапов анализа и проектирования могут быть проверены экспертным путём. Тестирование реализованных частей проводится на трёх уровнях: тестирование компонентов, тестирование интеграции и системное тестирование, в ходе которого определяется, выполняет ли построенное программное средство все задачи, заложенные на диаграмме вариантов использования (удовлетворяет ли функциональным требованиям). Проверяется, соответствует ли построенный программный продукт нефункциональным требованиям.

4. ПЛАНИРОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ И ОЦЕНКА ИХ КАЧЕСТВА

Разработка программного обеспечения связана со значительными затратами ресурсов, и перед началом работы над новым проектом часто необходимо приблизительно оценить требуемые для этого ресурсы. В рамках дисциплины рассмотрим FP- и LOC-метрики и планирование разработки на их основе. Будут проанализированы их преимущества, недостатки и условия применения. Ознакомим студентов с известными моделями СОСОМО и СОСОМО II. Большое внимание обращаем на факторы, влияющие на требуемые трудозатраты (характеристики самого проекта, требуемый уровень качества результата, квалификация разработчика), а также на методику планирования на разных стадиях жизненного цикла.

Поскольку рассмотрение процесса планирования полностью связано с необходимостью изложения большого объёма справочной информации, то ограничимся принципами и некоторыми примерами, иллюстрирующими объём и трудоёмкость реальных проектов. Обращаем внимание студентов на недопустимость дать заведомо невыполнимые обещания, ведь реальная трудоёмкость разработки всегда выше, чем кажется на первый взгляд!

Обеспечение качества программного обеспечения тоже является важным составляющим процесса его разработки [6]. Различаем две стороны

качества программного обеспечения: внешние показатели и качество программного кода. В рамках дисциплины дадим определение и проанализируем метрики классических характеристик качества и их подхарактеристик:

- функциональность;
- надёжность;
- удобство использования;
- эффективность;
- удобство сопровождения;
- портативность.

Дадим рекомендации по повышению качества.

Уже многие годы ведутся исследования по числовым оценкам качества программного кода, начиная с классической работы М. Холстеда, которые будут рассмотрены и в этой дисциплине. Появились целые системы метрик качества. По мнению авторов доклада наиболее целостное изложение этих метрик можно найти в [2], поэтому приведённый там материал и лёг в основу соответствующих лекций. В современных инструментальных средах разработки предусмотрены средства вычисления характеристик кода. Особенно широкий набор характеристик включён в состав Embarcadero RAD Studio. На лекциях будут даны характеристики программного кода (метрики связности и сцепления, метрики Чидамбера и Кемерера; Лоренца и Кидда; Абрей; метрики объектно-ориентированного тестирования). По многим метрикам в литературе можно найти допустимые пределы их значения и желаемые тенденции их изменения с целью повышения качества. Студентам будет предложено определить показатели качества своих программ и проанализировать их. Надо, конечно, признать, что из-за маленького объёма разработанных на лабораторных работах программ их характеристики не особенно будут содержательными, но важно, чтобы студенты знали об их существовании и умели их использовать в будущем.

5. ОРГАНИЗАЦИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В рамках курсового проектирования студентам предстоит самостоятельно пройти все этапы жизненного цикла от анализа до тестирования. Для выбора заданий предлагаются следующие подходы.

Студент прикреплен к преподавателю, получает от него задание по тематике работы этого преподавателя и решает его. Это наиболее предпочтительный вариант: таким образом студент может делать первые шаги выполнения своей будущей выпускной работы бакалавра, углубляя проработку в течение следующих семестров.

Студент решает задачу, связанную с его личными интересами. Роль руководителя курсового

проекта заключается в оказании помощи при формулировке задания (чтобы степень его сложности соответствовала требованиям) и консультациях в ходе выполнения.

Студент решает типовую задачу, в том числе ему может быть предложено самостоятельно освоить возможности инструментальных систем, не рассмотренных на занятиях, и подготовить демонстрационный пример.

В зависимости от того, сколь новым и сложным для студента является предметная область (особенно в первом случае), распределение его трудозатрат между этапами жизненного цикла может быть разным. Если студент приступает к решению задания по малознакомой ему области, то объём работы на этапе анализа может быть непропорционально большим за счёт реализации. Но в любом случае представленный курсовой проект должен содержать и программную реализацию, и результаты тестирования.

При организации курсового проектирования возникает ещё один вопрос. Трудно реализовать что-то без применения базы данных, но эта дисциплина изучается позже. Выход видится в том, что для простых случаев следует использовать файлы языков программирования, а для сложных случаев на лабораторной работе показать создание простой базы данных из нескольких таблиц на СУБД ACCESS, доступ к этим таблицам и их обработку из инструментальных систем разработки программного обеспечения, разумеется, не изучая проблематику проектирования баз данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дисциплина «Программная инженерия» занимает промежуточное положение между базовой программистской подготовкой и спецдисциплинами [7]. Поэтому, с одной стороны, она должна быть продолжением знаний, полученных на 1—2 курсах, с другой стороны, должна создать основу для разработки программной реализации задач по дисциплинам, изучаемым на 3-4 курсах. Поэтому основное внимание уделено индивидуальной разработке программного обеспечения, но с изложением содержания всех этапов классического жизненного цикла. Вопросы, связанные с коллективной разработкой программ, управлением программными проектами будут рассмотрены в других дисциплинах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Назаров С.В.** Архитектура и проектирование программных систем. М.: ИНФРА-М, 2013.
2. **Орлов С.А., Цилькер Б.Я.** Технология разработки программного обеспечения. М., СПб.: ПИТЕР, 2012.
3. **ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010.** Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств.

4. **Маран М.М.** Создание программного обеспечения по объектно-ориентированной методике. М.: Издательство МЭИ, 2005.
5. **Арлоу Д., Нейштадт А.** UML2 и унифицированный процесс. М.; СПб.: Символ, 2008.
6. **ГОСТ Р ИСО/МЭК 15504-3-2009.** Информационная технология. Оценка процесса.
7. **Каширина Н.В., Маран М.М.** Сопоставительный анализ подготовки специалистов по информационным технологиям в вузах России и за рубежом // Интернет-журнал «Науковедение». 2015. № 3 (7). [Электронный ресурс]. URL: <http://naukovedenie.ru/sbornik6/4.pdf>, свободный. М.: Науковедение, 2015.

N. Kashirina, M. Maran

MaranMM@mpei.ru,

State University of Management, Moscow

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

PRINCIPLES OF TEACHING SOFTWARE ENGINEERING

SUMMARY

The report is devoted to the principles of construction of the content of the subject «Software Engineering» for students of «Applied Mathematics and Computer Science». Discipline is taught after students receive basic training in programming, but to study the fundamental disciplines of the direction. Therefore, the purpose of these disciplines is to create a framework for the development of software products for students solve problems of different content and their preparation for the implementation of the final work.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ТЕСТИРОВАНИЯ ЗНАНИЙ В СРЕДЕ ИНТЕРНЕТ

АННОТАЦИЯ

В докладе рассматриваются вопросы разработки и эксплуатации автоматизированной системы контроля знаний в среде Интернет. Анализируются особенности построения системы, её состав и функциональные возможности, недостатки и преимущества. Рассматриваются перспективы развития предлагаемой системы контроля знаний.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из неотъемлемых составляющих процесса образования является оценка уровня знаний обучающегося, полученного на этапах изучения той или иной дисциплины. Современный уровень развития информационных технологий, особенно в среде Интернет, позволяет всё более эффективно использовать различные автоматизированные информационные системы в процессе образования, в частности для оценки уровня знаний обучаемых. В данной работе рассматривается автоматизированная система контроля знаний, функционирующая в среде Интернет. Система представляет собой веб-приложение, разработанное на основе технологии LAMP (Linux+Apache+MySQL+PHP). По сути, данная работа является продолжением работы, описанной в публикации [1]. За прошедший период рассматриваемая система апробирована, модифицирована и достаточно активно используется в учебном процессе. Функционально система контроля знаний состоит из двух основных режимов — администрирования системы и тестирования обучаемого. Рассмотрим далее эти режимы более подробно.

1. АДМИНИСТРАТИВНЫЙ РЕЖИМ

Административный режим реализован в виде отдельного приложения, является полностью независимым от пользовательского режима и включает в себя следующие функциональные модули:

- модуль авторизации входа в систему;
- модуль формирования списка наименований учебных групп и связанных с ним списков студентов этих групп;
- модуль формирования списка наименований тестов, контрольных вопросов к ним и набор ответов, из которых необходимо выбрать правильные;
- модуль конфигурации пользователей (тестируемых), позволяющий для каждого пользователя задать условное имя компьютера, на котором будет проходить тестирование, его IP-адрес,

номер студента в учебной группе, наименование группы, разрешение на прохождение теста, наименование теста и количество вопросов, предлагаемых студенту в выбранном тесте (внешний вид данного модуля представлен на рис. 1);

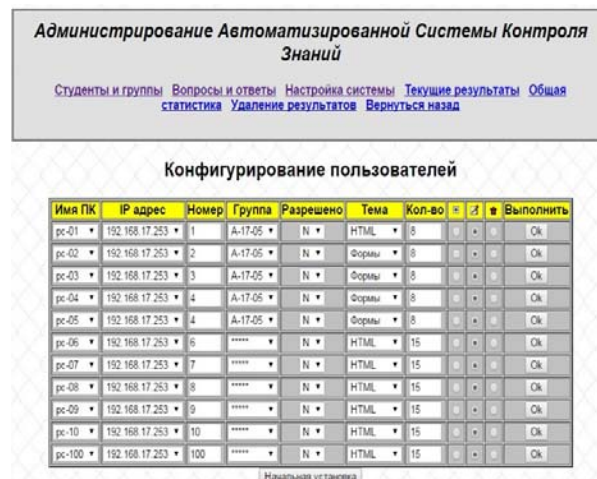


Рис. 1. Конфигурация пользователей

- модуль просмотра преподавателем текущих результатов прохождения теста для каждого студента в реальном времени (рис. 2);
- модуль просмотра общей статистики сдачи всех тестов всеми студентами за всё время функционирования системы.

Следует заметить, что рассматриваемая автоматизированная система контроля знаний представляет собой тестовую программу в классическом понимании этого смысла (выбор правиль-

Студент: Найн Ко Аунг Номер по списку: 3 Группа: А-17-05 Текущее время:(14:41:48 20.11.2015)

Вопрос 0:		Оценка
Какие (из приведенных ниже) атрибуты в теге <form> являются обязательными:		Правильно
<code><form action="test.php" method="post" target="main"></code>		
... </form>		
Ответы	Правильный ответ	Данный ответ
action	N	N
target	N	N
все обязательны	Y	Y
action и target	N	N
method и target	N	N

Вопрос 1:		Оценка
Укажите описание форм которые будут работать корректно или отметьте, что таковы нет.		Неправильно
Ответы	Правильный ответ	Данный ответ
<code><form action="test.php"></code>	N	Y
<code>login: <input type="text" name="login" value="123">
</code>	Y	N
<code><form></code>	Y	N
<code>Пароль: <input name="passu">
</code>	Y	N
<code><input type="submit"></code>	Y	N
<code></form></code>	Y	N
Безь нет правильно записанного контейнера <form>	N	Y
<code><form action="test.php" method="post",</code>	N	N
<code><input type="hidden" name="type_test"></code>	N	N
Введите login: <input type="text" size=10 name="login">	N	N
<code><input type="Отправить"></code>	N	N
<code></form method="post"></code>	N	N
Введите login: <input type="text" size=10>	N	N
<code><input value="submit" type="Отправить"></code>	N	N
<code></form></code>	N	N

Рис. 2. Просмотр результатов прохождения теста

ных ответов на поставленный вопрос из предложенных ответов) и имеет в своем составе модули анализа правильных ответов лишь двух типов: одиночный и множественный выбор. Кроме этого, данная версия системы не предполагает использования её в режиме самотестирования обучаемого и ориентирована на проверку знаний под контролем преподавателя.

2. ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЙ РЕЖИМ

Так же как и административный режим, пользовательский режим реализован в виде отдельного приложения и включает в себя следующие функциональные модули:

- модуль авторизации входа в систему;
- модуль вывода из базы данных вопросов и ответов к ним (рис. 3);
- модуль анализа выбранных ответов;
- модуль записи в базу данных результатов тестирования.

Рассмотренная в докладе система контроля знаний достаточно давно используется в учебном процессе при обучении как российских, так и иностранных студентов. Она регулярно совершенствуется и в настоящее время одна из её версий зарегистрирована в Федеральной службе по интеллектуальной собственности [2].

Студент: Тет Тун У., группа: А-17-05, номер в журнале: 1, компьютер: pc-01

Всего вопросов: 8, ответов на вопросы: 1, осталось вопросов: 7

Тема: Экзамен

Отметьте правильные ответы:

Вопрос:	
<p>Что будет выведено на экран в результате выполнения приведенного ниже PHP-сценария.</p> <pre>< \$str1="PHP"; \$str2=" MySQL"; \$str3=" Apache"; echo \$str1.\$str2.\$str3; ?></pre>	
Ответы	Ваш выбор
PHP MySQL Apache	<input type="checkbox"/>
PHPMySQLApache	<input type="checkbox"/>
Сообщение об ошибке	<input type="checkbox"/>
Apache	<input checked="" type="checkbox"/>
PHP	<input type="checkbox"/>
MySQL	<input type="checkbox"/>
< \$str1="PHP"; \$str2=" MySQL"; \$str3=" Apache"; echo \$str1.\$str2.\$str3; ?>	<input type="checkbox"/>
PHPMySQLApache	<input type="checkbox"/>
Отметьте правильные ответы и нажмите "ОК"	
OK	

Рис. 3. Модуль вывода вопросов

V.V. Kraushkin, K.V. Kraushkin, P.A. Kuznetcov

KrayushkinVV@mpei.ru; jangokvk@gmail.com; 1301479@mpei.ru
National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

AUTOMATED WEB-BASED EXAMINATION SYSTEM

SUMMARY

The paper covers questions related to development and application automated examination system in WEB environment. Several important traits of such system were outlined, as well as its composition and functionality, pros and cons. The ways of further development were also presented.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В качестве основных достоинств данной системы можно отметить следующее: кроссплатформенность системы (работает практически в любой операционной среде); программная масштабируемость (дополнительные модули можно подключать в процессе функционирования системы); в качестве интерфейсной программы при работе с системой используется любой из современных веб-браузеров.

В качестве основных недостатков можно отметить следующие: несколько устаревший дизайн системы; отсутствие возможностей системы использования её в режиме самопроверки знаний; отсутствие возможностей использовать в системе другие типы ответов, такие как ввод числа с заданной точностью, ввод символьного выражения и т.п.

Собственно говоря, отмеченные выше недостатки и рассматриваются авторами в качестве перспектив развития описанной системы контроля знаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Казанцев Ю.А., Краюшкин В.В., Кузнецов П.А. Автоматизированная система контроля знаний с удалённым доступом // Труды XIII Международного научно-технического семинара «Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации». Часть II. М.: Издательство МГУ, 2004. С. 186—187.
2. Краюшкин В.В., Кузнецов П.А. Автоматизированная система контроля знаний с удалённым доступом // Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011611674 от 18 февраля 2011 г.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ «НАДЕЖДА ЭНЕРГЕТИКИ»

АННОТАЦИЯ

Рассматривается информационная система, разработанная для поддержки проведения олимпиады школьников «Надежда энергетики». Описаны основные элементы системы, особенности её эксплуатации.

ВВЕДЕНИЕ

За последние 20 лет олимпиадное движение в России активно развивается. Если в 1995 году было не более 10 олимпиад школьников, то сейчас их насчитывается несколько сотен. Частично это связано с желанием выпускников школ получить льготы при поступлении в вуз. Но основная цель – развитие творческого потенциала растущего поколения. В олимпиаде школьников «Надежда энергетики», основным организатором которой является Национальный исследовательский университет «МЭИ» (НИУ «МЭИ»), ежегодно принимает участие более 5 тысяч учащихся 7–11 классов из большинства регионов России. Ещё в 2010 году НИУ «МЭИ» столкнулся с необходимостью иметь надёжный единый «центр управления» процессом проведения олимпиады.

В рамках решения этой задачи сотрудниками НИУ «МЭИ» была разработана Информационная система олимпиады школьников «Надежда энергетики» (далее – ИСОШ), о которой и пойдёт речь в настоящем докладе.

1. АКТУАЛЬНОСТЬ ЗАДАЧИ

Наличие единого центра управления процессом проведения олимпиады было существенным требованием структур, под эгидой которых проходили и проходят до настоящего времени олимпиады школьников — Российским советом олимпиад школьников (далее — РСОШ) [1]. Это требование диктуется, например, в установочном документе под названием «Порядок проведения олимпиад школьников» [2].

Единый центр управления невозможно организовать, базируясь только на телефонной связи и почтовой службе. Централизованное управление таким массовым мероприятием, как олимпиада школьников, предполагает, кроме скоординированных действий организаторов на местах, наличие определённого уровня интерактивности участников с привлечением сети Интернет и нереализуемо без привлечения автоматизированных средств управления. Особенно это акту-

ально в случае проведения олимпиады в заочной форме, которое в силу сжатости сроков и большого числа участников невозможно без таких средств.

Для обеспечения управления процессом проведения олимпиады была разработана ИСОШ – специальная информационная система клиент-серверного типа, размещённая на официальном сайте олимпиады [3].

Исходя из описанных предпосылок и возможностей разработки, в качестве среды реализации было выбрано решение: веб-сервер apache [4], язык реализации php [5], СУБД mysql [6].

2. СТРУКТУРА ИСОШ

Исходя из анализа потребностей участников и организационного комитета олимпиады была разработана структура ИСОШ, состоящей из открытой части и закрытой (личного кабинета). В открытой части расположены следующие блоки статичной информации:

- регламентирующие документы;
- актуальная информация;
- раздел текущего олимпиадного сезона;
- разделы новостей и объявлений;
- форма авторизации;
- разделы помощи участникам;
- информация прошлых лет.

На рис. 1 представлен общий вид сайта олимпиады.

После прохождения процедуры аутентификации осуществляется доступ в личный кабинет участника. Личный кабинет участника позволяет решать следующие задачи:

- аутентификации пользователя, в том числе сервиса восстановления забытого пароля;
- ввода, внесения изменений в личную информацию профиля;
- заполнения заявления участника и его онлайн-генерации в формате pdf;
- выбора площадки проведения и регистрации в потоке;
- участия в потоке в заочной форме;
- получения информации об участии в конкретном потоке, получения результатов участия (оценок по задачам, критериев оценивания, суммарных оценок).

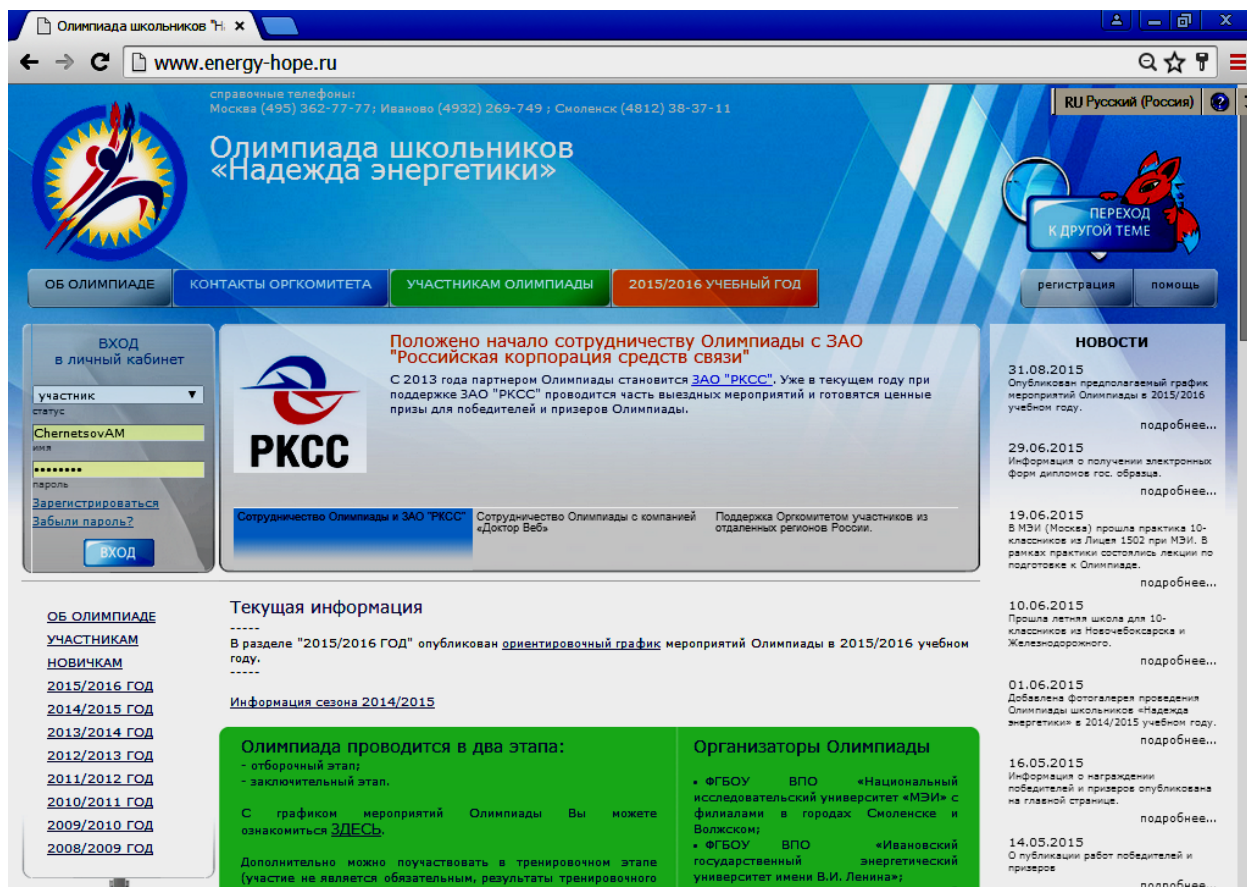


Рис. 1. Общая структура сайта олимпиады

3. ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИСОШ

ИСОШ поддерживает все современные браузеры.

Загруженность сервера крайне неравномерна. Есть много пиковых нагрузок, которые приходятся на проведение олимпиады в заочной форме, скачивание бланков, просмотр результатов и т.д.

Для пояснения можно обратиться к статистике посещений сайта (Live Internet), которая приведена на рис. 2, 3.

Сделана выборка по периоду, соответствующему одному потоку одного сезона проведения олимпиады.

На основании имеющейся статистики можно подтвердить тезис о том, что ИСОШ является системой с высокой загрузкой, поэтому встает задача минимизации загрузки. Для этого выполнение некоторых действий (заготовки вариантов потоков проведения олимпиады в заочной форме, скачивание бланков и архивов с вариантами для проведения олимпиады в заочной форме и т.д.) рас-

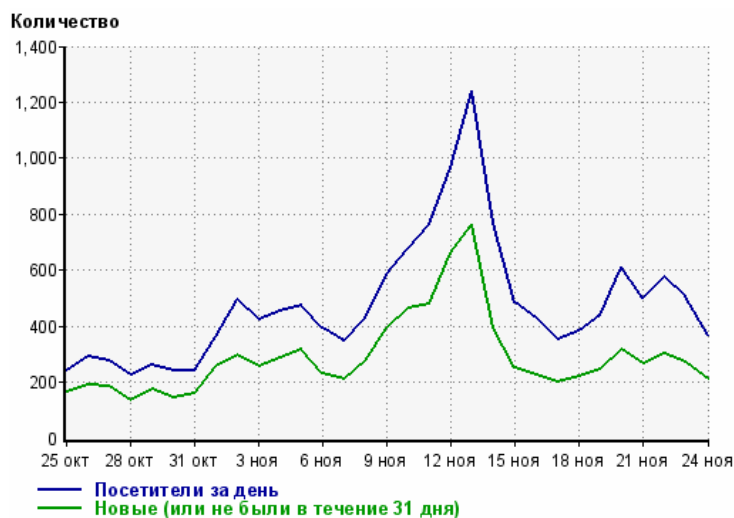


Рис. 2. Статистика посещений сайта олимпиады

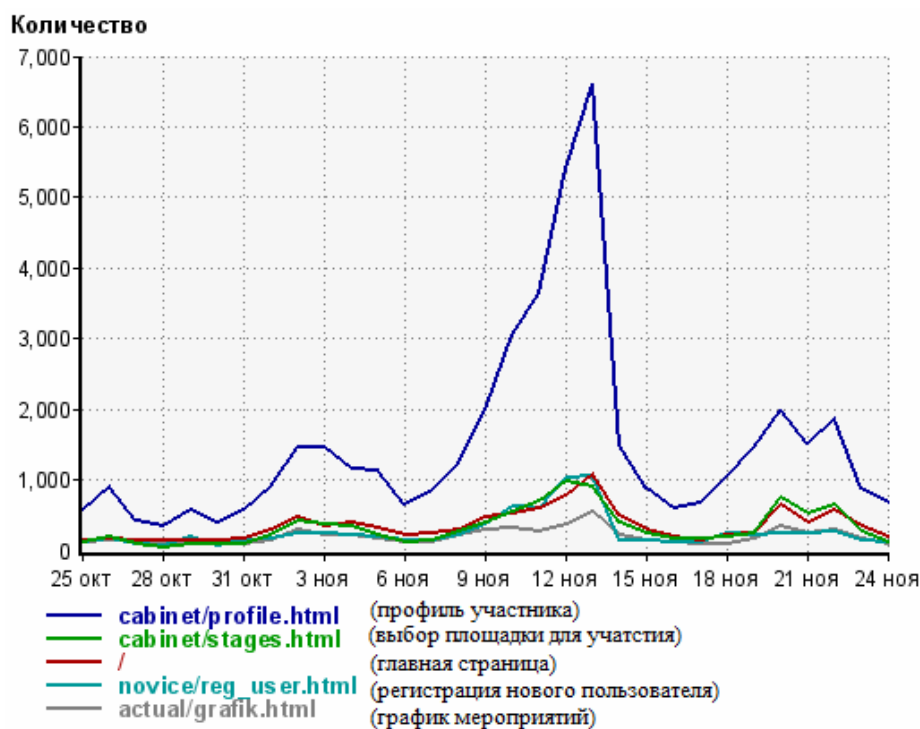


Рис. 3. Статистика посещений страниц сайта олимпиады

пределено по времени административными мерами, что снижает нагрузку на сервер.

Отметим также, что в период с 2011 по 2013 г. на официальный сайт осуществлялись DoS и DDoS атаки [7]. Были приняты меры к их предотвращению, описание которых в настоящем докладе опущено.

4. ПРОЦЕДУРА РЕГИСТРАЦИИ УЧАСТНИКА ОЧНОГО ЭТАПА

Опишем процедуру регистрации участника очного этапа олимпиады. Последовательность действий участника олимпиады следующая:

- 1) прохождение процедуры регистрации на сайте;
- 2) распечатка заявления участника, созданное с помощью tcpdf [8];
- 3) регистрация в поток.

Процедура регистрации на сайте выполняется лично участником. Она включает в себя внесение персональных данных участника в ИСОШ. Регистрация распределена на несколько шагов.

Первый шаг регистрации – получение данных учетной записи. Для прохождения этого шага нужно ввести фамилию, имя, отчество, дату рождения, e-mail, ответ на секретный вопрос, который будет использоваться для возможного восстановления регистрации.

На первом шаге осуществляется проверка того, что пользователь с такими личными данными ещё не был зарегистрирован на сайте олимпиады. Ес-

ли участник с такими данными уже есть в базе данных, то система заблокирует повторную регистрацию.

Пример реакции ИСОШ на существование аналогичного пользователя приведён на рис. 4.

Логины пользователей генерируются автоматически с учётом данных фамилии, имени и отчества пользователя. Если логин, сгенерированный автоматически уже присутствует в ИСОШ, то система предлагает пользователю несколько его вариаций на выбор. После этого первый шаг регистрации считается завершённым. Пользователю предлагается зафиксировать учетные данные и перейти к следующему шагу.

Второй шаг регистрации — внесение данных участника в ИСОШ. На этом шаге в систему вносятся персональные данные участника и информация об учебном заведении, в котором участник обучается. Для осуществления этих действия пользователь должен пройти процедуру аутентификации с использованием учетных данных, полученных на первом шаге.

Ввод информации об учебном заведении, в котором обучается участник олимпиады, организован в форме выбора уже существующего в базе данных ИСОШ учебного заведения или внесения нового, если такого в базе данных ещё нет.

Пример работы формы ввода учебного заведения приведен на рис. 5, 6.

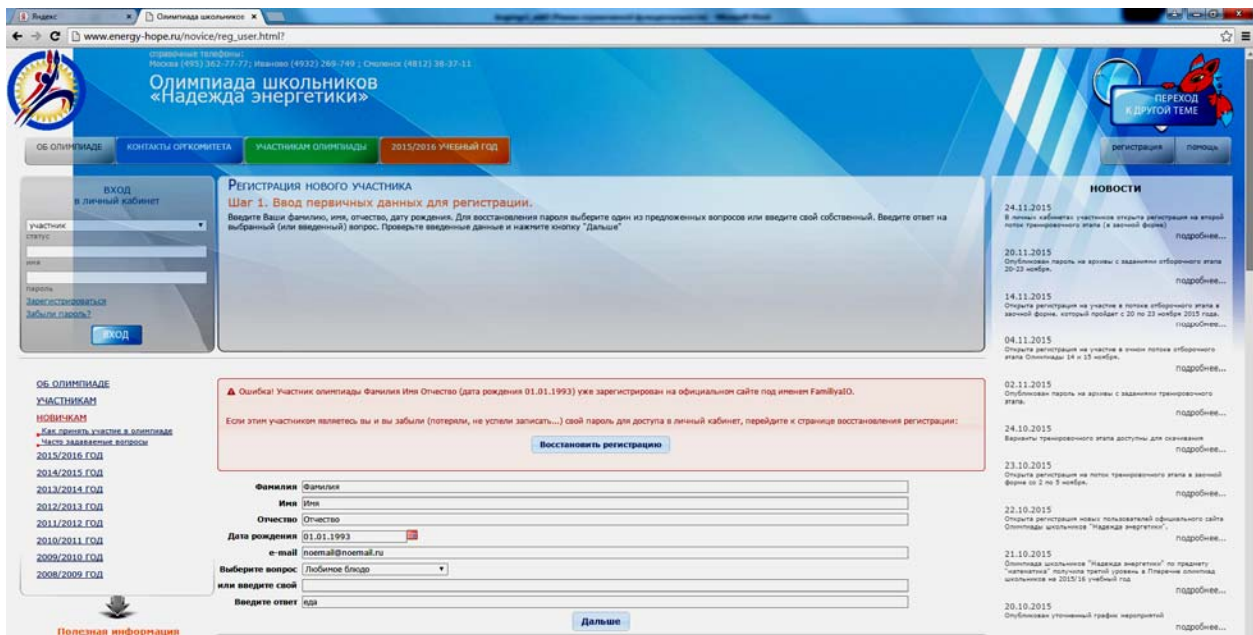


Рис. 4. Реакция ИСОШ на повторную регистрацию

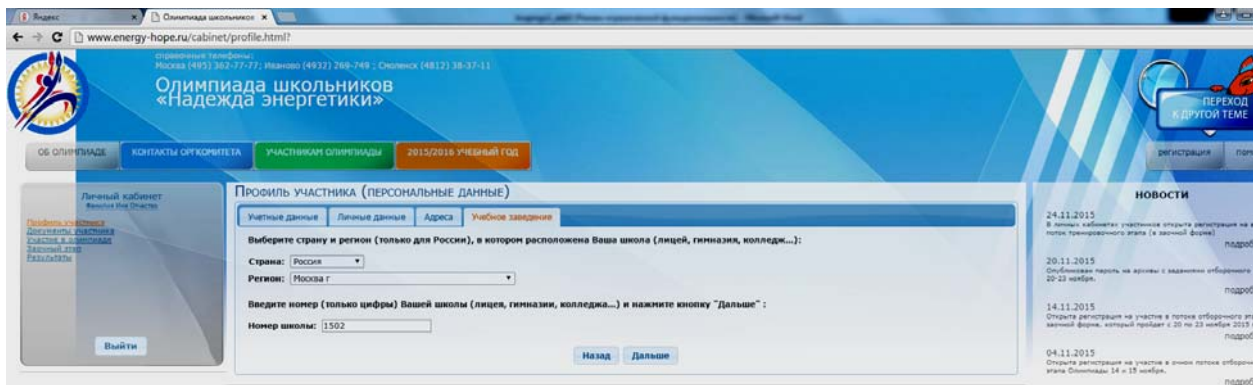


Рис. 5. Запрос на введенное учебное заведение

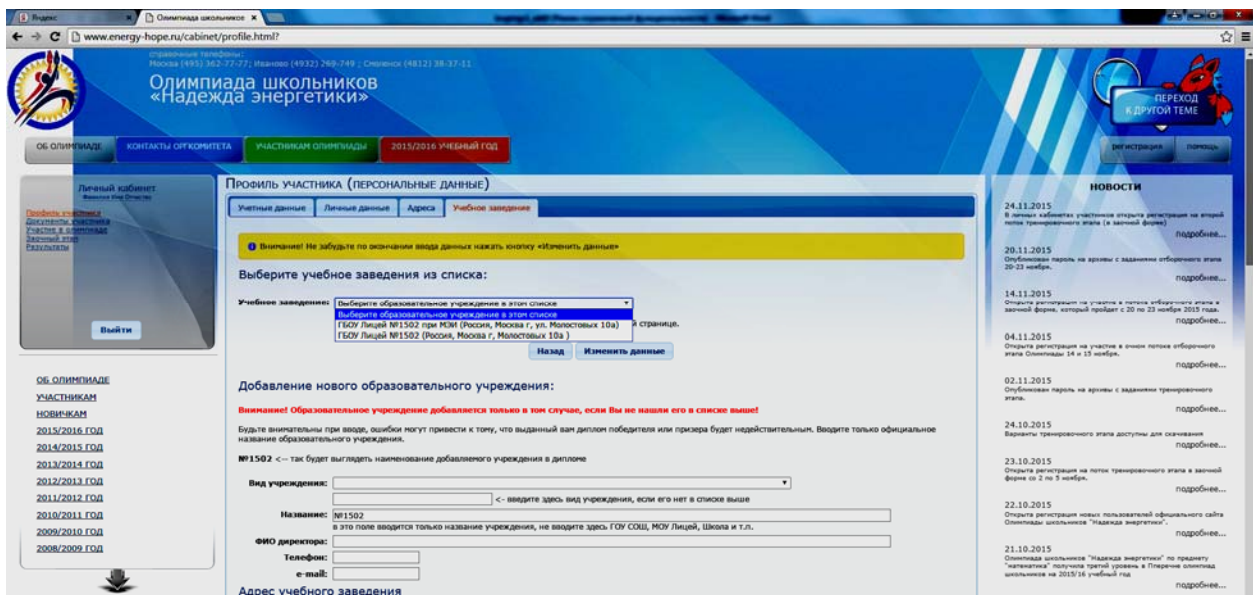


Рис. 6. Ввод информации об учебном заведении

Для участия в олимпиаде нужно внести все необходимые данные участника. Если внесены не все данные, участник не сможет получить заявление.

Необходимо отметить, что хранение персональных данных участников олимпиады организовано с учётом положений федерального закона №152-ФЗ «О персональных данных» [9].

Участник олимпиады может выбрать предмет и поток, зарегистрироваться, отказаться от участия до окончания регистрации. Общий вид интерфейса регистрации участников в поток прив-

дён на рис. 7. При выборе площадки для участия в олимпиаде проверяется внесение в ИСОШ всех необходимых данных, в том числе персональных. Если внесены не все данные, возможность регистрации участника в поток запрещена. Пример запрета на выбор площадки для участия в олимпиаде приведён на рис. 8.

После проверки работы участника жюри олимпиады, ввода и проверки информации в ИСОШ, в личном кабинете отображаются результаты проверки работы. Пример представления результатов приведён на рис. 9.

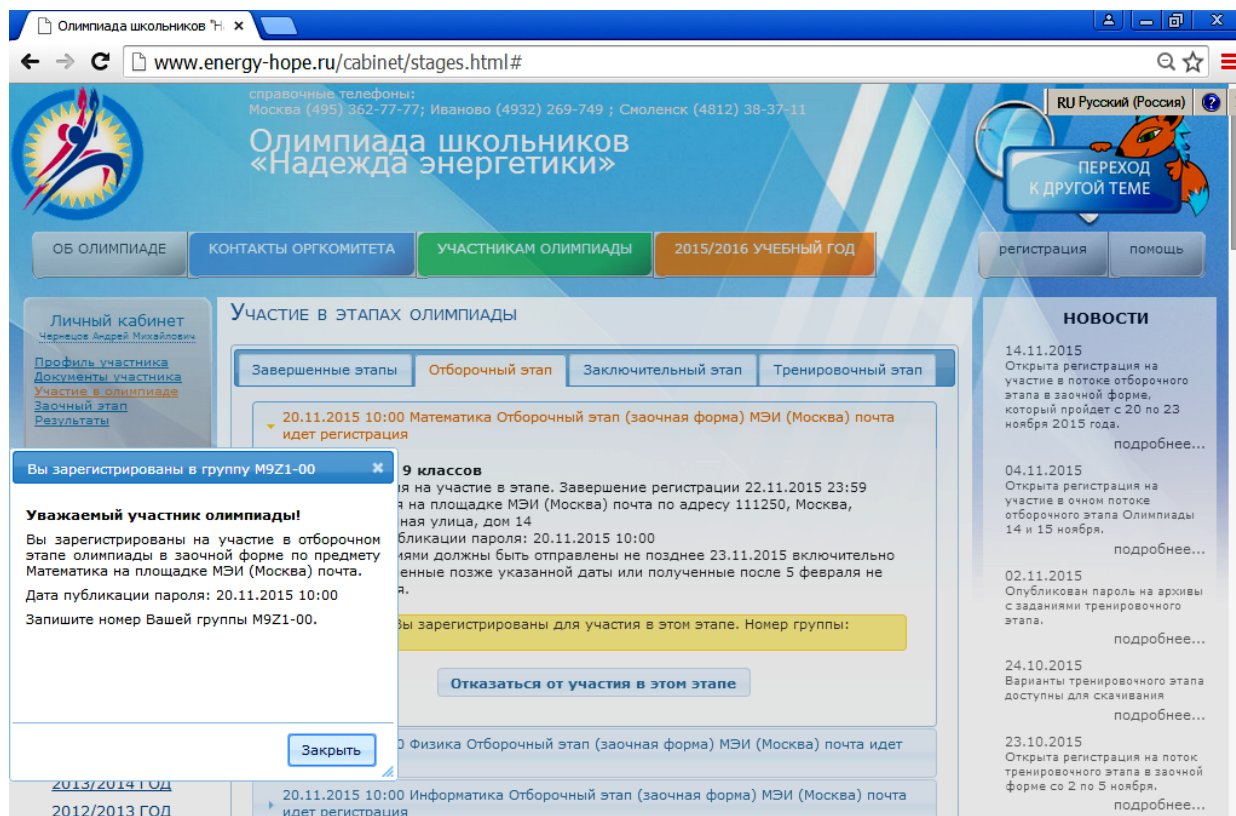


Рис. 7. Окно регистрации в поток

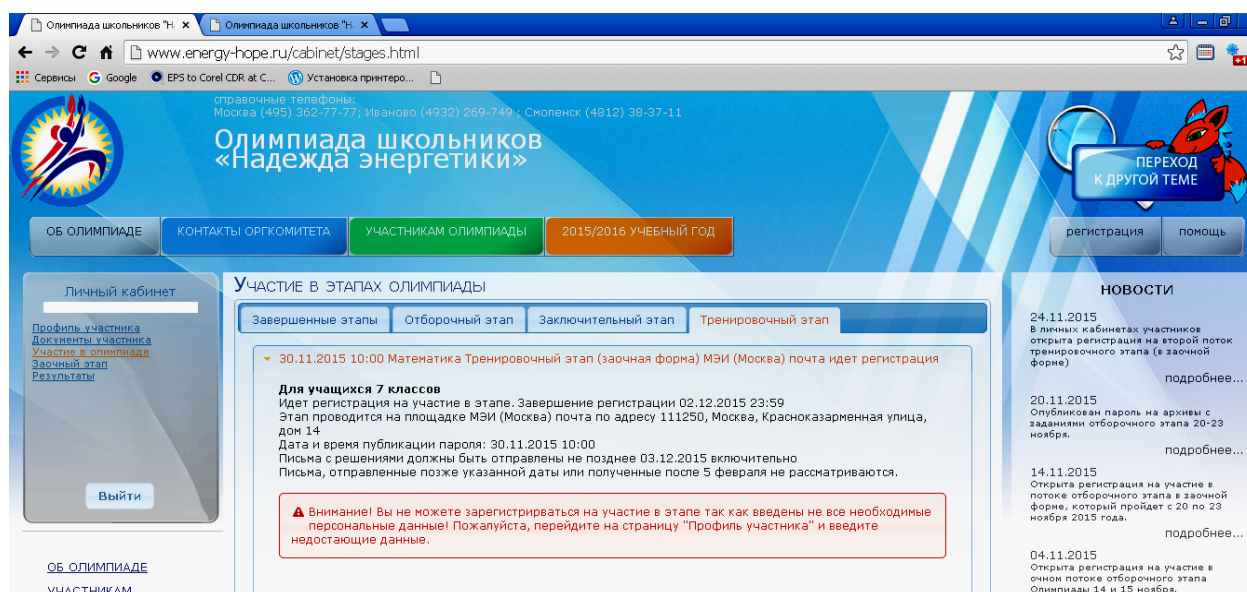


Рис. 8. Запрет на выбор площадки для участия в олимпиаде

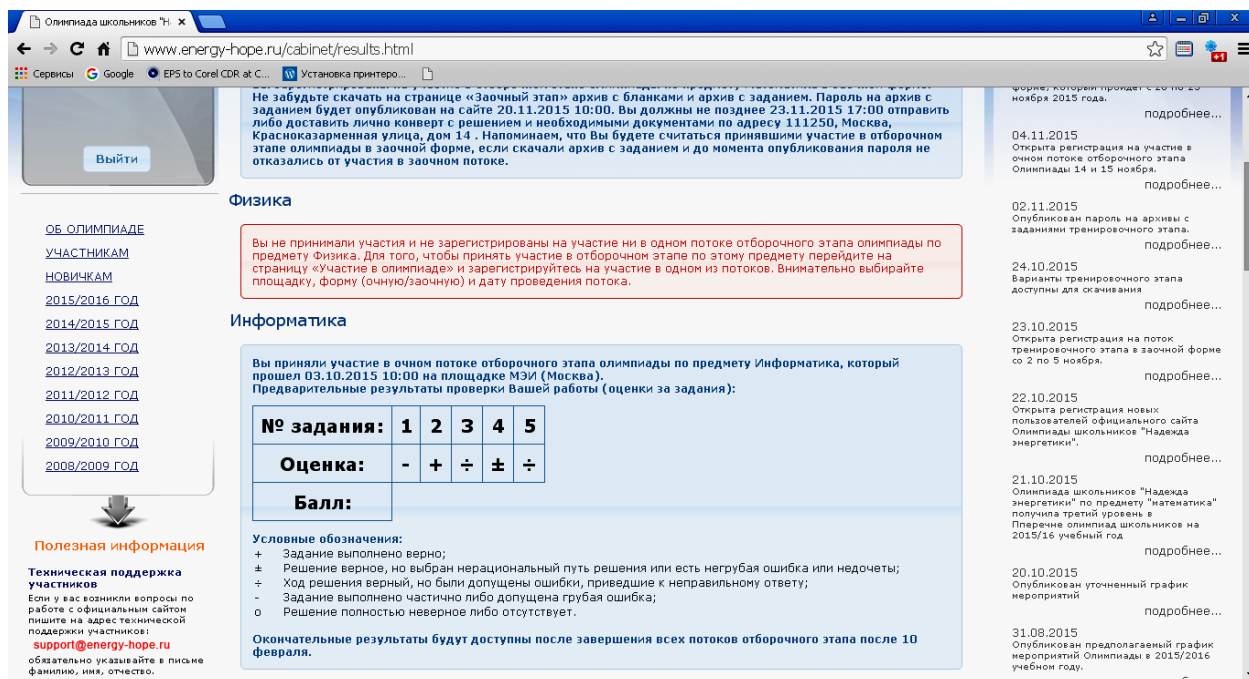


Рис. 9. Результаты проверки работы участника

После подведения жюри итогов этапа в личном кабинете участника отображаются полные итоги этапа, указывается балл, набранный участником олимпиады, и появляется информация о том, признан участник победителем или призёром или он не занял призовое место.

Если завершился отборочный этап олимпиады, то после этого в личном кабинете участника появляется возможность зарегистрироваться для участия в заключительном этапе олимпиады. Схема регистрации для участия в заключительном этапе принципиально схожа с описанной схемой с той разницей, что участнику не нужно заново проходить процедуру регистрации пользователя на сайте олимпиады.

После завершения заключительного этапа также отображаются результаты проверки работ и итоги этапа. Если участник добился призового места в заключительном этапе, то в личном кабинете появляется информацию о том, когда и где состоится награждение призеров дипломами и памятными призами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Информационная система олимпиады школьников «Надежда энергетики» является динамично раз-

вивающейся информационной системой. По мере возникновения новых и уточнения существующих задач сотрудниками НИУ «МЭИ» осуществляется её модернизация.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Портал РСОШ. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rsr-olymp.ru/> (официальный сайт Российского совета олимпиад школьников).
2. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки России) от 4 апреля 2014 г. № 267 г. Москва «Об утверждении порядка проведения олимпиад школьников».
3. Официальный сайт Олимпиады школьников «Надежда энергетики». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.energy-hope.ru>
4. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.apache.org>
5. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.php.net>
6. [Электронный ресурс]. URL: <http://mysql.com>
7. [Электронный ресурс]. URL: <http://mannix.ru/security/osnovnyye-sposoby-borby-i-preduprezhdeniya-dosddos-atak.html>
8. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tcpdf.org>
9. Федеральный закон от 27 июля 2006 г. №152-ФЗ «О персональных данных». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rg.ru/2006/07/29/personaljnnye-dannye-dok.html>. Опубликовано 29 июля 2006 г. в Российской газете № 4131.

G.V. Krupin, A.F. Kriukov, D.A. Titov, A.M. Chernetsov

KrupinGV@mpei.ru; KriukovAF@mpei.ru; TitovDA@mpei.ru; ChernetsovAM@mpei.ru
National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

INFORMATION SYSTEM OF SCHOOL OLYMPIAD «ENERGY HOPE»

SUMMARY

An informational system developed for school Olympiad «Energy Hope» is described in this article. Main elements of system are described. Typical elements and operation features are described.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТОВ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕСТИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются типовые этапы процесса тестирования крупных распределённых программных комплексов и подходы к их автоматизации на примере автоматизации тестирования корпоративной системной шины.

ВВЕДЕНИЕ

В работах [1—2] рассматриваются разработка и реализация системы автоматизированного тестирования системы, построенной на основе событийно-управляемого принципа на примере выполнения проекта по автоматизации тестирования корпоративной системной шины (КСШ) ОАО «Сбербанк России». Полученное в рамках данного проекта решение соответствует всем необходимым требованиям заказчика и успешно введено в эксплуатацию. С учётом широкого практического внедрения систем на основе событийно-управляемой (Event-Driven Architecture, EDA) и сервис-ориентированной архитектур (Service Oriented Architecture, SOA) в настоящее время выполняется большое количество аналогичных проектов по тестированию КСШ в крупных корпорациях [3—4].

Основной принцип КСШ — создание единого коммуникационного пространства для различных систем [6]. При необходимости в этом пространстве обеспечивается транзакционный контроль, преобразование данных, сохранность сообщений. Большинство промышленных КСШ и ПО, реализованного по принципам SOA или EDA, имеют схожую структуру, но разную техническую реализацию (рис. 1).

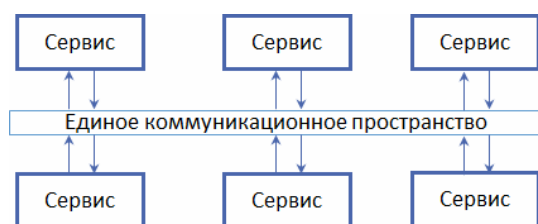


Рис. 1. Единое коммуникационное пространство

Из-за этого часть задач приходится заново решать в рамках новых проектов. Так повторяется постоянно, так как уже реализованных утилит и универсальных языков для выполнения каких-либо типовых задач нет, приходится тратить большое количество времени на разработку всего с нуля. Сразу становится очевидно, что это нелогично, и этого можно избежать.

В данной работе рассматриваются описание типовых этапов процесса тестирования крупных программных комплексов и возможные пути автоматизации как самого процесса тестирования КСШ, так и различных его этапов.

1. ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА

Рассмотрим процесс автоматизации тестирования современного сервис-ориентированного приложения. Типовая структура такого приложения приведена на рис. 2. КСШ объединяет в единый асинхронно взаимодействующий комплекс ряд параллельно функционирующих систем автоматизации на предприятии.

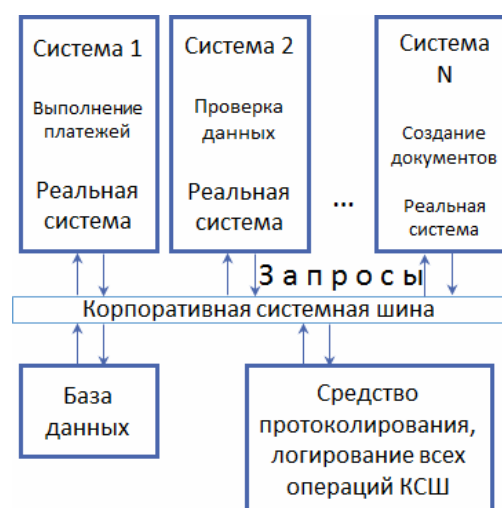


Рис. 2. Абстрактная модель архитектуры программного комплекса

Сервисы, объединяемые КСШ, могут классифицироваться на технические и программные сервисы. *Технические* сервисы реализуют функциональность, выставленную для одной системы, предоставляющую возможность обмена данными с другой (единственной) системой и не накладывающую ограничений на используемую модель данных. *Программные* сервисы реализуют функциональность, предоставляемую конечной (продуктовой, учётной, расчётной) системой внешним пользователям системы через соответствующие интерфейсы.

Когда тестировщику или команде необходимо выполнить как-либо проект, перед ними ставится одна глобальная задача, например выполнить интеграционное тестирование 20 сервисов, каждый из которых может выполнять до 10 различных

операций. Обычно такие программные комплексы тестируются вручную, т.е. инженер-тестировщик берёт инструмент для отправки сообщений, набирает нужное сообщение, отправляет его и смотрит на корректность поведения системы. С недавнего времени начали использоваться автоматизированные средства для тестирования таких больших комплексов ПО.

Преимущества автоматизированного тестирования очевидны [7]:

- *скорость*: автоматизированному тесту не нужно время на обдумывание между шагами и сверение с документацией, что приводит к существенной экономии времени во время выполнения самих действий;

- *повторяемость*: так как алгоритм выполнения действий в тесте жёстко задан, написанные тесты всегда будут выполняться абсолютно идентично, что исключает «человеческий фактор»;

- *экономичность* (меньшие затраты на поддержку): когда автоматические скрипты уже написаны, на их поддержку и анализ результатов требуется, как правило, меньшее время, чем на проведение того же объёма тестирования вручную;

- *прозрачность*: автоматически рассылаемые и сохраняемые отчёты о результатах тестирования;

- *независимость от человеческого фактора*: выполнение без вмешательства; во время выполнения *тестов* инженер-тестировщик может заниматься другими полезными делами, кроме того, тесты могут выполняться в нерабочее время (этот метод предпочтительнее, так как нагрузка на локальные сети ночью снижена).

2. СЛОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ТЕСТИРОВАНИЯ

При автоматизации тестирования событийно-управляемых программных комплексов возникают некоторые задачи:

- 1) тестирование отдельных модулей (сервисов) и подсистем, объединённых через КСШ в единый корпоративный информационно-управляющий комплекс;

- 2) интеграционное тестирование групп модулей (сервисов) или подсистем, объединённых через КСШ;

- 3) тестирование механизмов КСШ.

Все три вида тестирования могут быть автоматизированы благодаря изолирующей роли КСШ. В первых двух случаях тестирование выполняется на основе *сценария*, фиксирующего последовательность отправляемых сообщений тестируемому модулю, ожидаемых сообщений от тестируемого модуля и проверок [8].

В реализованном прототипе тестирование программных сервисов проводится с использова-

нием API-тестов инструмента автоматизированного тестирования HP UFT, тестовых данных и дополнительных программных компонентов, используемых в своей работе этими тестами.

В ходе работы автоматических тестов для каждого из сервисов в автоматическом режиме выполняется следующая последовательность действий:

- 1) отправление запроса в сервис;

- 2) получение ответа от сервиса;

- 3) валидация полученного ответа на соответствие спецификации: проверка наличия обязательных полей, проверка корректности формата сообщения, соответствий пришедшего ответа ожидаемому.

Задачей тестов программных сервисов является проверка интеграционного взаимодействия сервисов на уровне интерфейсов смежных систем. Тесты не проверяют бизнес-логику (корректность расчётов, соответствие данных в ответах от смежных систем, алгоритмы, заложенные в бизнес-операции и т.д.). Тесты опираются на сформированные тестовые данные, они отправляют запросы и сравнивают ответы с тестовыми данными, что подаются на вход.

Запуск тестов на этапе тестирования осуществляется из средства управления тестированием HP ALM.

Реализованы возможности запуска тестов:

- 1) независимо друг от друга (исключением являются тесты, для успешного выполнения которых необходимо выполнение предварительных действий в соответствии с бизнес процессом, т.е. определённые тесты нужно запускать в строгой последовательности друг за другом);

- 2) группами (имеется возможность выделения и запуска группы тестов для проведения смоук-тестирования критической функциональности);

- 3) все тесты разом (можно запустить сразу набор тестов для выполнения проверки всех сервисов).

Далее рассмотрим процесс тестирования КСШ. Модель тестирования КСШ проста — заменяем реальные систем тестами, которые выполняют запросы, принимают ответы, и сверяют ответы с корректными. Также необходимо сделать так, чтобы реальная система отвечала, когда КСШ делает к ней запрос. Поэтому создаём заглушки реальных систем, которые отвечают на запросы КСШ так, как отвечает реальная система.

Построим универсальную формальную модель, описывающую данный процесс. Исходя из постановки задачи у нас имеется следующий набор артефактов исходных данных: КСШ, системы-провайдеры, системы-потребители, тесты, заглушки, методы систем-провайдеров, методы систем-потребителей.

Формальная модель системы автоматизированного тестирования выражается формулой

$M = (S, T)$, где S — тестируемые системы; T — массив тестов.

Системы: $S = (O, m)$, где O — объекты тестирования; m — методы объектов.

Тесты: $T = \langle In_i, P_{ij}, Out_i, Res_i \rangle$, где:

• i (номер теста) = 1, ..., k ; j (номер тестируемой системы) = 1, ..., l ;

• P — заглушки в методах систем;

• Res — ожидаемый результат.

Цель: $Out_i \neq \bigcup_{j=1}^l m_{j,i}(In_i)$, где Out_i — выходные данные i -го теста; In_i — входные данные i -го теста, а $m_{j,i}$ — метод j -й системы i -го теста.

Таким образом, абстрактная модель тестируемого контура логической архитектуры программного комплекса будет выглядеть, как изображено на рис. 3.

Отметим, что заглушки могут быть реализованы универсальным образом с применением технологий систем вывода на базе правил [9].

Перейдём к рассмотрению теста. Что содержит тест? В тесте зафиксирован сценарий обмена системы и КСШ.

Тест берёт заранее подготовленное сообщение, примерно такое, которое отправляет реальная система, отправляет его в КСШ и ждёт ответа. КСШ обрабатывает запрос и возвращает ответ тесту. Такой запрос называется синхронным. Но КСШ может и не возвращать ответа, в таком случае этот сервис является асинхронным. Также тест может как проверять вернувшийся ответ на его корректность, так и не выполнять проверку. Проверка считается выполненной и успешной, если полученное тестом сообщение является эквивалентным эталонному сообщению, которое эта система должна получать от КСШ на выполненный запрос.

Для реализации такой модели тестировщику требуется решить следующие задачи:

• определить количество систем и операций у каждой системы;

• подготовить тестовые данные (сообщения для отправки и эталонные ответы для сравнения).

Также у тестировщика должен быть готов ответ на вопросы:

• смогут ли тесты отправить в КСШ нужное количество сообщений в заданное время;

• как контролировать отправляемые и получаемые сообщения;

• каковы проблемы, оставшиеся незамеченными на данном этапе.

Изначально эти второстепенные задачи являются не такими существенными, но когда до них доходит, это становится проблемой. Каким образом решаются эти проблемы?

1. Делаются запросы администраторам, ответственным за системы, и собираются примеры отправляемых их системами данных. Вруч-

ную собираются данные в тестовые наборы (data pools) и подаются на вход тесту.

2. Берутся логи реальной системы и анализируется успешность выполнения каждой транзакции. В итоге делается качественная оценка о корректности полученного сообщения, которое и берётся в качестве эталонного.

3. Берётся документация по каждой системе и изучается список всех возможных операций.

4. В тесте делают вывод в текстовый файл отправляемого и получаемого сообщения, а также результата корректности ответного сообщения. Также выводятся сообщения об ошибках во время работы теста.

Оценка остальных проблем обычно проводится по факту. Для выполнения всех этих задач необходимы человеческие ресурсы и большое количество времени.

Рассмотренная выше модель тестирования является полностью автоматизированной, но её разработка зачастую осуществляется в ручном режиме. Разработка такой модели является длительным и рутинным процессом. Поэтому важно автоматизировать именно этап подготовки и организации автоматизированного тестирования. Сделать это можно, используя

• интеллектуальный поиск данных в базах логирования КСШ;

• и современные инструменты автоматизации тестирования.



Рис. 3. Базовая модель архитектуры тестового программного комплекса

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время стало важным не просто разработать программный продукт, а разработать качественное программное обеспечение. Высокое качество программного обеспечения воспринимается как неотъемлемая часть. Все более правильным становится вовлечение процесса тестирования в разработку программного обеспечения ещё на этапе планирования, хотя большинство компаний проводят тестирование только по завершению реализации ПО.

Например, в Национальном исследовательском университете «Московский энергетический институт (технический университет)» имеются веб-сервисы, работающие в рамках сайта НИУ «МЭИ», их количество постоянно растёт, а также сменяются студентами-разработчиками. Когда разработчик меняет работу веб-сервиса, сложно бывает понять и оценить, что может произойти с потребителями этого сервиса [4, 5]. Разработанный инструмент автоматизированного тестирования используется в учебно-научном процессе кафедры прикладной математики НИУ «МЭИ» для обучения студентов технологии определения работоспособности веб-сервисов и информационных ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джамалов Г.К. Разработка системы автоматизированного тестирования для корпоративной системной

шины ОАО «Сбербанк России» М.: Издательский дом МЭИ, 2015. С. 25.

2. Джамалов Г.К. Промышленные подходы к организации нагрузочного тестирования — SQA Days, 2014. С. 50—51.
3. Черняк Л. EDA — архитектура, управляемая событиями // Открытые системы. СУБД. 2005. № 2.
4. Bell M. Introduction to Service-Oriented Modeling. Service-Oriented Modeling: Service Analysis, Design, and Architecture. Wiley & Sons. 2008. P. 3.
5. M. Hadi Valipour; Bavar AmirZafari; Kh. Niki Maleki; Negin Daneshpour A brief survey of software architecture concepts and service oriented architecture .. 2009 2nd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology. pp. 34–38
6. Куриленко И.Е., Борисов А.В. Современные архитектурные подходы к построению программного обеспечения // Сб. тр. XVIII междунар. науч.-техн. конф. «Информационные средства и технологии». Т. 2. М.: Издательский дом МЭИ, 2010. С. 176—184.
7. Куриленко И.Е. Современные методологии разработки программных средств: учебное пособие М.: Издательский дом МЭИ, 2011. 112 с.
8. Варшавский П.Р., Куриленко И.Е. Модульное тестирование: учебное пособие М.: Издательский дом МЭИ, 2011. 48 с.
9. Куриленко И.Е., Варшавский П.Р. Михайлов И.С. Программное обеспечение интеллектуальных систем: учебное М.: Издательский дом МЭИ, 2011. 64 с.

I.E. Kurilenko, G.K. Dzhamalov

ivan@appmat.ru, unixshaman@gmail.com

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF TESTING AUTOMATIZATION ENTERPRISE SERVICE BUS SOFTWARE

SUMMARY

In this work considered design and implementation of automated testing software system constructed in accordance with service-oriented architecture and typical stages of testing enterprise system bus.

УПРАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРАМИ ПОВЕРХНОСТЕЙ В ЭЛЕКТРОННОМ ТРЕНАЖЁРЕ

АННОТАЦИЯ

В статье обосновывается возможность управления параметрами поверхностей для реализации принципа наглядности при изучении дисциплин геометро-графического цикла на основе разработанного электронного обучающего комплекса, включающего в свой состав тренажёр для изучения поверхностей. Тренажёр предназначен для сопровождения темы «Кривые и поверхности» в процессе изучения дисциплины «Начертательная геометрия» студентами первого курса бакалавриата по направлениям подготовки «Архитектура», «Дизайн архитектурной среды», «Строительство», а также специалитета по направлению «Строительство уникальных зданий и сооружений». Анализируются результаты тестирования тренажёра.

ВВЕДЕНИЕ

Дидактический принцип наглядности был и остаётся ведущим в обучении со времен И.Г. Песталоцци, который считал наглядность абсолютной основой всякого познания. Современные исследования, признавая наглядность уникальным источником обучения, рассматривают его как ведущий принцип дидактики метод, средство обучения одновременно. Современные компьютерно-программные технологии расширяют арсенал обеспечения наглядности как детерминанта интенсификации учебного процесса в техническом вузе. Особое значение эти технологии приобретают при изучении дисциплин графического цикла при подготовке корпуса специалистов, владеющих принципами построения изображений поверхностей и конструктивными методами работы с ними в процессе проектирования, — строителей, архитекторов, дизайнеров.

1. ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ НАГЛЯДНОСТИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИН ГЕОМЕТРО- ГРАФИЧЕСКОГО ЦИКЛА

Целью изучения дисциплин графического цикла будущими строителями, архитекторами, дизайнерами является развитие таких личностных характеристик, как пространственное представление и воображение, позволяющих представить мысленно форму поверхностей, их взаимное расположение в пространстве и исследовать их свойства; конструктивно-геометрические компетенции, проявляющиеся как способности к анализу и синтезу пространственных форм и отношений на основе графических моделей пространства. Развитие пространственного мышления,

таким образом, входит в число значимых общепрофессиональных и профессиональных компетенций в подготовке названных специалистов.

Экспериментально показано [1], что формы и уровни пространственного мышления определяются, с одной стороны, содержанием обучения (характером наглядности, условности, обобщённости), с другой стороны — познавательной активностью субъекта обучения, реализуемой в процессе деятельности, требующей создания пространственного образа и оперирования им. Уровень этой активности зависит от характера наглядной основы, используемой при создании образа.

Многолетняя практика показывает, что студенты строительного вуза при изучении дисциплин геометро-графического цикла сталкиваются с трудностями именно на этапе связи полученной теоретической информации с их визуальными представлениями о поверхностях. Иллюстрации в учебниках лишь в некоторой степени облегчают ситуацию, имеют узкую направленность на освоение основных понятий формообразования поверхностей, применяемые средства наглядности (стенды, макеты и пр.), не всегда дают возможность проследить и понять закономерность образования поверхности того или иного типа. Оценочные процедуры подтвердили, что традиционный подход к выбору наглядных материалов не обеспечивает в должной мере формирование основных качеств пространственного мышления, таких как субъективность, многозначность сформированного образа поверхности, целостность восприятия, динамичность созданного образа, обеспечивающего возможность решения конструктивных задач. Статичные иллюстрации не способствуют получению полноценных динамических пространственных представлений и, таким образом, не способствуют полноценному формированию пространственного мышления специалистов.

Электронные учебные комплексы позволяют использовать возможности и преимущества мультимедийных технологий, принцип наглядности и доступности информации, подключить к процессу обучения дополнительную видеoinформацию, сопровождающую сложно осваиваемые в текстовом изложении теоретические положения, способствуют повышению заинтересованности обучаемых в процессе освоения геометро-графических понятий. Этот факт делает актуальной разработку новых электронных учебных средств, позволяю-

щих реализовать принцип наглядности на новом уровне.

2. РАЗРАБОТКА ТРЕНАЖЁРА ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ В СОСТАВЕ ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНОГО КОМПЛЕКСА

Коллективом кафедры инженерной геометрии, компьютерной графики и автоматизированного проектирования Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета разрабатывается и в настоящее время проходит тестирование тренажёр для повышения эффективности изучения темы «Кривые и поверхности», входящий в состав новой версии электронного учебно-методического комплекса (ЭУМК) по начертательной геометрии, уже несколько лет используемого в работе кафедры [2]. Тренажёр предназначен для визуального сопровождения традиционно сложной для восприятия студентами первого курса темы, посвящённой классификации типов кривых и поверхностей.

Тренажёр предназначен для обучения студентов первого курса бакалавриата по направлениям подготовки «Архитектура», «Дизайн архитектурной среды», «Строительство», а также специалиста по направлению «Строительство уникальных зданий и сооружений». Работа с тренажёром служит подготовительным этапом для более эффективного изучения студентами этих направлений дисциплины «Компьютерная графика» на последующих курсах, где в качестве необходимых базовых знаний требуются знания о формообразовании поверхностей разных типов.

Электронный тренажёр позволяет пошагово «увидеть» процесс образования поверхности, понять зависимость её вида от каждого из параметров, входящего в её определитель. Работа с тренажёром предоставляет возможность проектирования поверхностей с помощью управления параметрами, необходимыми для их задания, а также сравнения различных геометрических моделей этих поверхностей (например, технический многовидовый чертёж и аксонометрию поверхности).

Графический интерфейс разрабатываемого программного комплекса позволяет осуществлять навигацию по представленным в тренажёре классификациям типов поверхностей (вид образующей, закон образования, способность к развёртыванию). После выбора классификации пользователь выбирает интересующий его класс поверхности и получает доступ к параметрам и изучению её свойств.

Например, на рис. 1 показан выбор параметров для исследования линейчатой поверхности с тремя направляющими. В нижней части рабочего окна демонстрируется ортогональный чертёж определителя поверхности.

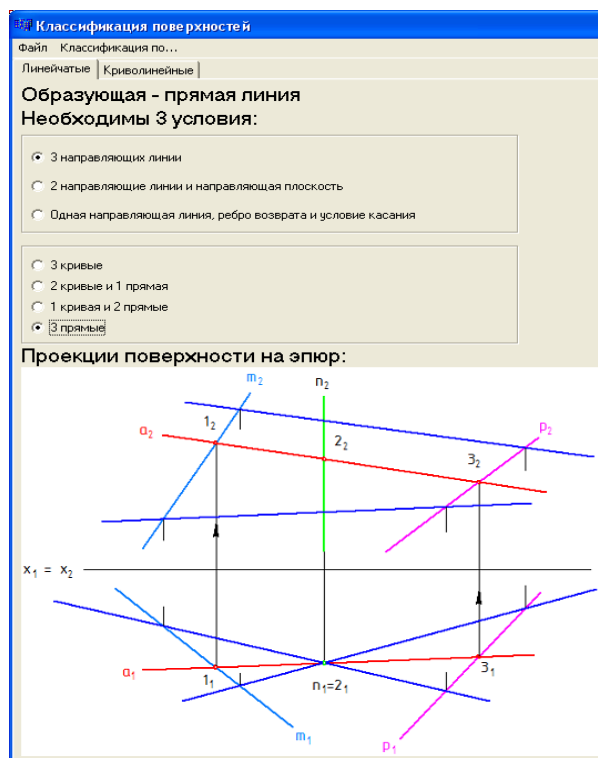


Рис. 1. Исследование линейчатой поверхности в интерактивном обучающем тренажёре

Справа от окон настроек параметров демонстрируется 3D-визуализация [3] с использованием либо каркасного (рис. 2), либо граничного (рис. 3) представления модели.

При выборе класса поверхности по виду образования имеется возможность исследовать поверхности вращения, винтовые поверхности, поверхности переноса, поверхности, образование которых не подчиняется математическим законам. Например, на рис. 4 и 5 показан выбор

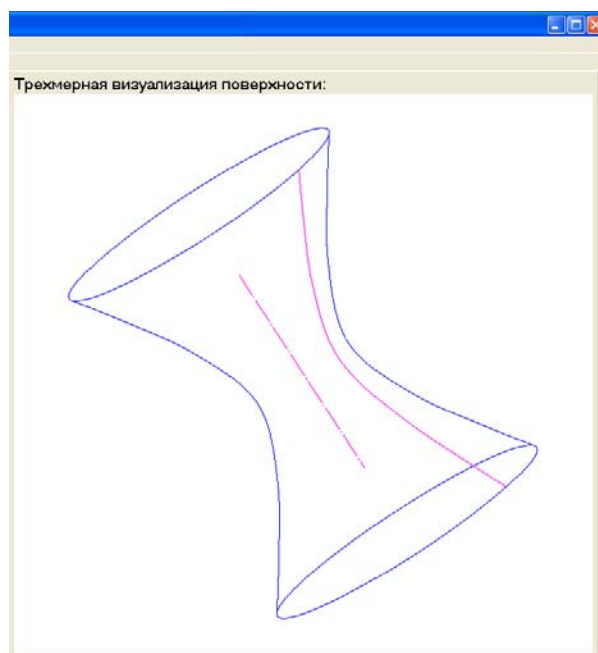


Рис. 2. Визуализация каркасной модели поверхности однополостного гиперболоида

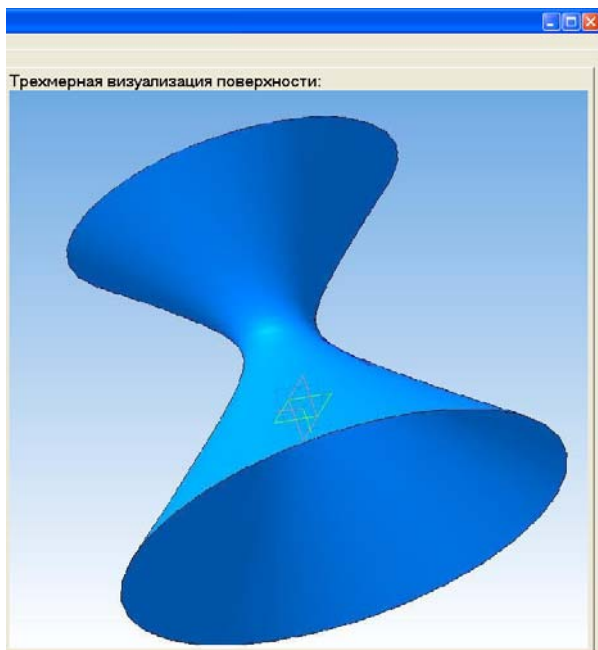


Рис. 3. Визуализация граничной модели поверхности однополостного гиперболоида

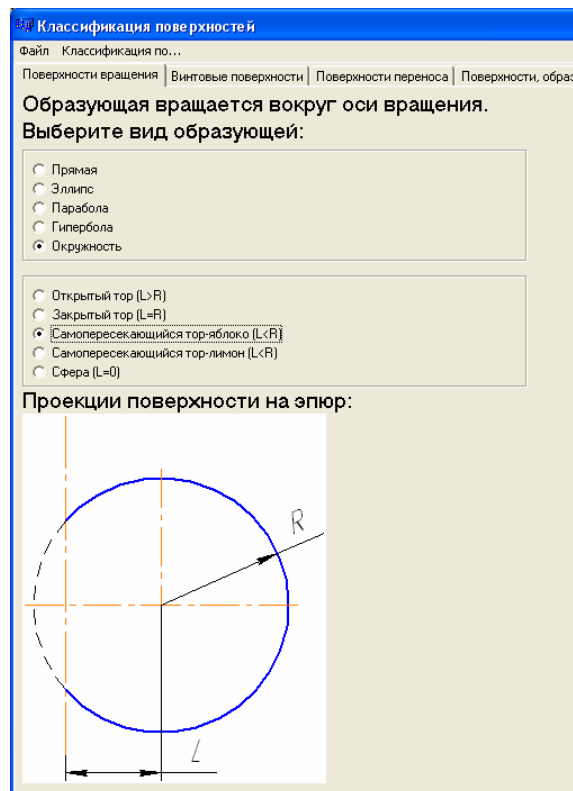


Рис. 4. Исследование поверхности вращения с выбором дополнительных геометрических условий

параметров для исследования поверхности вращения, на рис. 6 — для исследования винтовой поверхности.

Описываемый в данной статье интерактивный обучающий тренажёр, разрабатывается в среде программирования C++ Builder 6 [4]. Для создания графического интерфейса были использованы следующие компоненты: TMainMenu; TTabControl; TLabel; TRadioGroup; TImage.

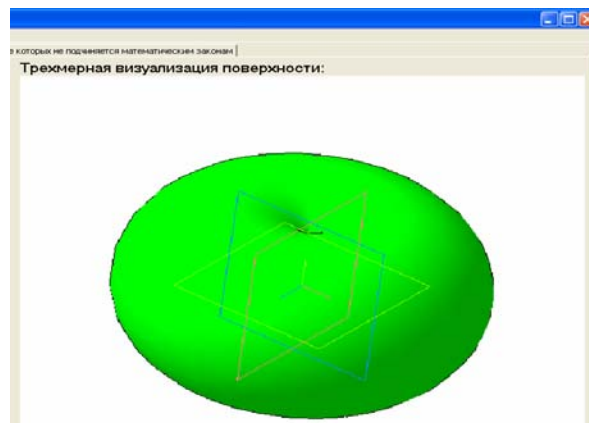


Рис. 5. Визуализация граничной модели поверхности закрытого тора

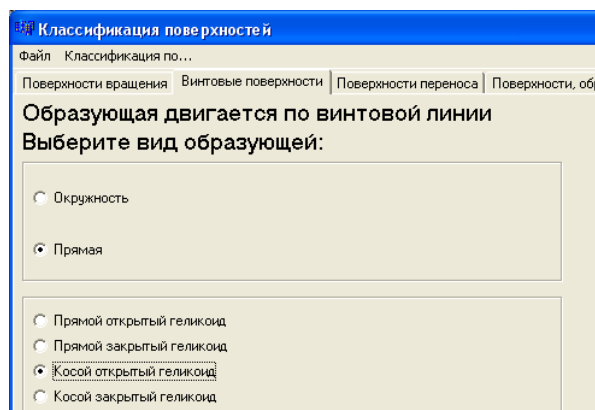


Рис. 6. Исследование винтовой поверхности в интерактивном обучающем тренажёре

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТИРОВАНИЯ ТРЕНАЖЁРА И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЕГО ПРИМЕНЕНИЮ

Тестирование тренажёра при изучении дисциплины «Начертательная геометрия» в ходе обучения студентов первого курса бакалавриата по направлениям подготовки «Архитектура», «Дизайн архитектурной среды», «Строительство», а также специалитета по направлению «Строительство уникальных зданий и сооружений» показывает, что динамическое моделирование поверхностей по заданным параметрам способствует формированию у обучаемых научных понятий и общих способов действий с ними, создаёт благоприятные условия для формирования таких приёмов умственной деятельности, как абстрагирование, классификация, анализ, синтез, обобщение.

Моделирование поверхностей формируется как двустороннее действие — движение от конкретного к абстрактному и наоборот. Сформированный образ модели поверхности выполняет анализирующую, абстрагирующую и обобщающую функции одновременно. Возможность динамического переконструирования поверхности позволяет анализировать исходные параметры под разными углами зрения, обеспечивает их переосмысление, способствует балансу между на-

глядно-эмпирическим и логико-конструктивным способом усвоения научных понятий в ходе освоения содержания дисциплины.

Результатом использования тренажёра является переход обучаемых от более низкого на более высокий уровень пространственного мышления, обеспечиваемого сформированными пространственными представлениями, ассоциативными связями, вариативностью, разноплановостью, оригинальностью решений, возможностью оперирования пространственными параметрами и геометрическими условиями исследуемых поверхностей.

Разработанный тренажёр, являясь средством обучения, может применяться в учебном процессе при реализации различных методов обучения. Выполняя информационную функцию при объяснительно-иллюстративном методе обучения, тренажёр может использоваться как наглядно-иллюстративный материал. Целесообразно применение тренажёра при репродуктивном обучении, поскольку позволяет значительно сократить время на изучение классификации поверхностей, увеличить эффективность усвоения основных понятий темы. Тренажёр, используемый при проблемном изложении учебного материала и реализации частично-поискового метода обучения, позволяет показать возможный ход познания, даёт возможность самостоятельной постановки проблемы, поиска вариантов её решения.

Особое значение тренажёр получает при самостоятельной работе обучаемых. Его применение позволяет обеспечить получение новых знаний, разнообразить формы самостоятельной работы при выполнении разного рода упражнений, решений и составления задач, способствует самоконтролю, самокоррекции познавательной деятельности при обобщении и систематизации знаний по дисциплинам «Начертательная геометрия», «Компьютерная графика».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам тестирования можно утверждать, что предлагаемый тренажёр позволяет интенсифицировать процесс геометро-графической подготовки, решая следующие задачи:

- расширяет доступность источников геометро-графической информации, обеспечивает получение новой информации;
- рационализирует и ускоряет процесс познания геометро-графической предметной области;
- способствует развитию пространственного мышления обучаемых;
- способствует усвоению методологических подходов к познавательной деятельности;
- повышает готовность к самообразованию.

Перспективным направлением является обеспечение необходимой функциональности тренажёра, связанной с дополнительными сервисными функциями, например системы экспорта полученных геометрических моделей.

Работа выполняется в рамках гранта РФФИ №15-07-05110.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каплунович И.Я. Содержание мыслительных операций в структуре пространственного мышления // Вопросы психологии. 1987. № 6. С. 115—122.
2. Мошкова Т.В., Тюрина В.А. Использование электронных комплексов при изучении геометро-графических дисциплин // Информатизация инженерного образования : сб. тр. междунар. науч.-метод. конф., 10—11 апреля 2012, Москва. С. 473—474.
3. Shreiner D., Sellers G., Kessenich J., Licea-Kane B. OpenGL. Programming Guide. Eighth Edition — Pearson Education, Inc. 2013. С. 939.
4. Холингворт Д., Сворт Б, Кэшман М., Густавсон П. Borland C++ Builder 6. Руководство разработчика = Borland C++ Builder 6 Developer's Guide. М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. 976 с.

*M.V. Lagunova, T.V. Moshkova, S.A. Romenskiy, S.I. Rotkov,
O.A. Rumyantseva, V.A. Turina*

magistr@nngasu.ru

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, Nizhny Novgorod

MANAGING OF SURFACE'S PARAMETERS IN TRAINING APPLICATION

SUMMARY

In this article justifying opportunity of managing surface's parameters for realisation of clarity principle during study of geometry and graphical disciplines based on developed e-learning system, which includes educational application for surface's classification. This application is designed for escort educational theme «Curves and surfaces» during the course «Descriptive geometry» on the first year bachelors (study directions «Architecture», «Design of architectural environment», «Construction») and the first year specialists (study direction «Construction of unique buildings and structures»). In this article analyzing results of training application.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ, РЕАЛИЗУЮЩИЙ СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ МЕТОДОВ ВЫБОРА ПО МНОГИМ КРИТЕРИЯМ

АННОТАЦИЯ

Особое место в изучении теории принятия решений занимает выбор альтернатив по многим критериям. В настоящее время разработано много методов решения этой проблемы. И это вызывает затруднения при поиске метода, в наилучшей степени пригодного для решения задачи выбора.

Система выбора и ранжирования СВИРЬ-П, разработанная в Петербургском государственном университете путей сообщения, позволяет исследовать свойства различных методов на одной и той же модели исходных данных.

Предлагается методика исследования свойств наиболее употребимых методов выбора.

ВВЕДЕНИЕ

В работе [1] рассматривался лабораторный практикум [2], выполняемый студентами при изучении дисциплины «Теория принятия решений». В него входят пять лабораторных работ, охватывающих наиболее востребованные методы многокритериального выбора. Однако знание этих методов ещё не гарантирует их правильного применения. Для выявления особенностей методов и нахождения сфер их наиболее рационального применения необходимо сопоставлять получаемые с их помощью результаты.

Такую возможность даёт модифицированная система выбора и ранжирования СВИРЬ-П, разработанная в Петербургском государственном университете путей сообщения [3]. Она позволяет реализовать как методы критериального, так и функционального выбора [4]. Вторая группа объединяет методы многокритериальной оптимизации, многоатрибутной полезности и анализа иерархий. Это даёт возможность сравнивать на одной модели данных методы, разработанные разными научными школами и реализованные разными программными системами.

В задачу студента входит выбор и обоснование того метода, который даёт наиболее близкое приближение к наилучшему, по его мнению, решению. Логика обоснования требует перехода от простых методов к более сложным по объёму предпочтений, задаваемых лицом, принимающим решение (ЛПР). Такой подход требует выбора соответствующей последовательности выполнения лабораторных работ. Отчёты по этим лабораторным работам обобщаются в реферат или пояснительную записку к курсовому проекту.

В докладе рассматривается методика выполнения этой работы.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАДАЧ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ВЫБОРА

Эти задачи имеют следующие особенности:

1. *Исходные данные*

1.1. Конечная размерность модели исходных данных $N \times n$ (N — число вариантов, n — число признаков), $N \leq 100$, $n \leq 100$.

1.2. Признаки могут измеряться в любой шкале, начиная с номинальной.

1.3. Мощность домена (число значений) каждого признака (атрибута) [3, ∞].

1.4. Источники значений каждого признака: объективные измерения или экспертные оценки;

1.5. Разнородность признаков по единицам измерения и шкалам.

2. *Предпочтения ЛПР на шкалах признаков*

2.1. Идеальные цели на шкалах признаков.

2.2. Реальные цели на шкалах признаков.

2.3. Функции полезности признаков.

3. *Решаемая задача*

3.1. Отбор претендентов на лучший вариант.

3.2. Выбор наилучшего варианта.

3.3. Определение приоритета вариантов.

3.4. Отнесение варианта к категории качества.

4. *Методы оценивания вариантов*

4.1. Векторная оптимизация:

4.1.1. Оптимизация по доминированию.

4.1.2. Лексикографическая оптимизация.

4.2. Скалярная оптимизация:

4.2.1. Упорядочение по достижению цели:

4.2.1.1. идеальной;

4.2.1.2. реальной;

4.2.1.3. индивидуальной.

4.2.2. Упорядочение по отклонению от цели.

4.2.3. Упорядочение по полезности.

4.2.4. Упорядочение методом анализа иерархий.

5. *Способы обобщения критериев*

5.1. Без учёта равномерности признаков (объёмный подход).

5.2. С учётом равномерности признаков.

5.3. Выбор наилучшего варианта по наилучшему признаку.

2. ТРЕБОВАНИЯ К ТИПОВОЙ ЗАДАЧЕ ВЫБОРА

В силу ограничения по времени на изучение дисциплины в качестве типовой задачи принимается выбор наилучшего варианта на конечном множестве альтернатив.

1. К исходным данным предъявляются следующие требования:

1.1. Размерность задачи 15×15 . Она может меняться в сторону уменьшения числа объектов (вариантов) с увеличением числа признаков либо наоборот;

1.2. Признаки могут быть как численными, так и символьными. Символьные признаки подлежат переводу в безразмерные числовые эквиваленты (баллы, очки, проценты). В случае измерения признака не в качественной, а в номинальной шкале, численные оценки могут вычисляться на основе парных сравнений признаков.

1.3. Число значений каждого признака должно быть не менее двух. Если большинство признаков двоичные, задача решается логическими методами с применением технологии экспертных систем.

1.4. Источники значений признаков (объективные измерения, экспертные оценки) могут быть различными.

1.5. В практических задачах признаки, как правило, разнородны, т.е. измеряются либо в разных единицах измерения, либо в разных диапазонах одной шкалы.

2. Выбирается вид предпочтений ЛПП на шкалах признаков. Идеальные и реальные цели представляются целевыми и ограничительными критериями. При трактовке нормирующих функций критериев с позиции полезности они рассматриваются как частные случаи функций полезности.

3. Задача выбора наилучшего варианта решается на основе нахождения рейтинга всех вариантов. На основе полученного рейтинга могут решаться также задачи нахождения худших и средних вариантов.

4. Выбирается способ оценивания вариантов. Для более чем 7—10 вариантов с известными значениями признаков наиболее простым является сопоставление вариантов по векторным оценкам относительно общей цели на основе табличной модели выбора.

Для задач невысокой размерности с неизвестными значениями признаков применяется метод анализа иерархий, основанный на формировании экспертами матриц парных сравнений объектов по каждому признаку.

5. В качестве базовой выбирается аддитивная обобщающая функция (ОФ). Для анализа свойств обобщающих функций во избежание нулевых оценок при использовании мультипликативной ОФ раздвигаются границы выборочных шкал

признаков. С этой целью выборочные шкалы преобразуются в теоретические путём расширения границ шкал, либо находится минимальный процент сдвига границ (минимальной для максимизируемых признаков и максимальной для минимизируемых признаков), после достижения которых рейтинг объектов остаётся неизменным.

6. Студент должен выбрать метод, устраивающий его по результатам и объёму необходимых предпочтений.

3. ВЫБОР ОЧЕРЕДНОСТИ РАБОТ

Первоочередным и наиболее трудоёмким этапом решения задачи многокритериального выбора является разработка модели выбора [4]. Этой теме посвящена лабораторная работа № 1. Она рассчитана на приобретение навыков в формулировании проблемы [5], проектировании и анализе модели выбора и доказательстве её соответствия поставленной цели.

Работа состоит из трёх этапов: сбора, анализа исходных данных и построения модели выбора. В модель выбора входит модель исходных данных и модель предпочтений ЛПП.

Модель предпочтений, создаваемая для реализации методов векторной оптимизации, включает следующие уровни:

I. Отношение предпочтения на значениях каждого признака.

II. Отношение предпочтения на множестве критериев.

Отношение предпочтения на значениях каждого признака задаётся целевым, либо ограничительным критерием.

Приоритет критериев востребован только методом лексикографической оптимизации и задаётся в порядковой шкале.

Оценивание по критерию возможно только на числовых эквивалентах качественной шкалы. В принципе их так же, как и приоритеты, можно задавать в порядковой шкале. Но при этом теряются неравные предпочтения на равных отрезках шкалы, которые востребованы методами скалярной оптимизации.

Для вычисления числовых эквивалентов в абсолютной шкале применимы матрицы парных сравнений (МПС). Из этих соображений второй по порядку выполняется лабораторная работа № 2 «Матрицы парных сравнений». В ней изучаются четыре типа предпочтений и их свойства, а также вычисление приоритетов на основе предпочтений. МПС применяются для вычисления числовых значений качественных шкал (если они присутствуют в модели исходных данных) и весовых коэффициентов критериев.

Изучение методов многокритериального выбора начинается с наиболее простых методов в работе № 3 «Методы векторной оптимизации».

Методы скалярной оптимизации изучаются в лабораторной работе № 4 в порядке увеличения объёма предпочтений ЛПР: методы *достижения* идеальных и реальных целей и *отклонения* от реальных целей. Доказывается совпадение результатов методов достижения идеальных целей и отклонения от них.

Большой объём предпочтений задаётся при создании функций полезности признаков для реализации метода оптимизации по полезности.

Максимальный объём предпочтений имеет место при задании функций принадлежности упорядоченным по качеству классам.

4. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Проектирование модели выбора и исследование свойств методов выбора выполняется в системе выбора и ранжирования СВИРЬ с подсистемой вычисления приоритетов (СВП). Работа с меню системы описана в разделе «Помощь» и в методических указаниях [2].

Исполнитель сам выбирает наиболее знакомую ему предметную область, поскольку должен совмещать знания эксперта-предметника и системного аналитика. Желательной является область, в которой работает или стажировался исполнитель. Предпочтение отдаётся темам, близким к изучаемой профессии.

Проектирование модели выбора является основополагающей в цикле работ. Её результаты используются для выполнения всех остальных работ практикума.

Экспериментальная часть работы выполняется в следующей последовательности.

I. Лабораторная работа №1.

Проектирование модели выбора

1. Выбирается интересующая исполнителя предметная область.
2. Формулируется проблема выбора.
3. Обосновывается и задаётся цель выбора.
4. Строится дерево целей.
5. **Проектируется модель исходных данных**
 - 5.1. Находятся исходные данные для выбора (таблица «Объекты/ Признаки»).
 - 5.2. Оценивается сопоставимость объектов по наличию значений признаков и общим единицам измерения.
 - 5.3. Оценивается ресурсная сопоставимость объектов. При различии ресурсов на встроенном в систему СВИРЬ калькуляторе вычисляется удельный показатель. Например, при равном объёме выполненных работ разными объектами объёмы делятся на число исполнителей.
 - 5.4. Для признаков с двумя-тремя качественными или номинальными значениями задаются численные эквиваленты.
 - 5.5. При малой информативности для ЛПР исходных показателей на встроенном в

систему СВИРЬ калькуляторе вычисляется целевой показатель. Например, если ЛПР интересуется максимальный пробег автомобиля без заправки, он вычисляется делением объёма топливного бака на расход топлива в литрах на 100 км. При этом из трёх зависимых показателей в качестве критериев достаточно использовать не более двух.

- 5.6. Оценивается полнота признаков по отношению к частным целям.
- 5.7. С применением корреляционной матрицы оценивается независимость признаков.
- 5.8. Выполняется структурирование множества признаков путём группировки по принципу сходства в листовые таблицы иерархии.
- 5.9. Созданная модель исходных данных сохраняется в файле **Имя ПО.svpo**.
6. **Проектируется модель предпочтений**
 - 6.1. В листовых таблицах иерархии задаются требования к каждому оцениваемому признаку: направления оптимизации – для целевых критериев и целевые значения признаков — для ограничительных критериев. При неравном изменении полезности на соседних делениях шкалы строится функция полезности признака.
 - 6.2. В каждой таблице иерархии оценивается важность критериев в порядковой шкале.
 - 6.3. Полученная модель предпочтений ЛПР сохраняется в файле **Имя ПО.svopt**.

II. Лабораторная работа № 2.

Матрицы парных сравнений

1. Исследование свойств матриц

Эта часть работы выполняется в подсистеме СВП.

- 1.1. Формируется турнирная матрица (Выигрыши/Потери) размерностью 5×5 . Предпочтения задаются в процентной шкале, например, 100:40.
- 1.2. Изучается влияние параметра «сил сущностей» $1 \leq k \leq e^5$ и масштабного коэффициента $0,1 \leq c \leq 1$ на значения приоритетов сущностей.
- 1.3. Переходя к другим видам предпочтений (кратности, интенсивности, порядковых), изучается их влияние на значения приоритетов сущностей.
- 1.4. Выявляется влияние согласованности предпочтений на значения приоритетов сущностей.
- 1.5. На основе сопоставления соотношения значений приоритетов выбирается приемлемая матрица парных сравнений и параметры расчёта приоритетов.

2. *Применение матриц*

- 2.1. С помощью матрицы с выбранным типом предпочтений вычисляются численные эквиваленты качественных или номинальных значений признаков (с числом значений не менее трёх).
- 2.2. Вычисляется важность признаков для каждой таблицы иерархии.
- 2.3. Вычисленные на основе предпочтений ЛПР векторы значений признаков и весовых коэффициентов экспортируются из подсистемы СВП в соответствующие таблицы системы СВРЬ.
- 2.4. Дополненная предпочтениями модель выбора сохраняется в файле **Имя ПО.svopt**.

III. Лабораторная работа № 3.

Методы векторной оптимизации

1. Из файла **Имя ПО.svro** считывается модель исходных данных.
2. Задаются условия выполнения отношения Парето-доминирования и сохраняются в файле **Имя ПО Парето.svopt**.
3. Реализуется отношение Парето-доминирования. Фиксируются упорядоченные графы и показатели доминирования.
4. Задаются условия выполнения лексикографической оптимизации и сохраняются в файле **Имя ПО Приоритеты.svopt**.
5. Реализуется лексикографическая оптимизация (метод приоритетов критериев). Фиксируются упорядоченные графы и показатели доминирования.
6. Выполняется анализ результатов упорядочения выполненными методами с применением показателей доминирования, несравнимости и неразличимости.

IV. Лабораторная работа № 4.

Методы скалярной оптимизации

1. *Сопоставление обобщающих функций*
 - 1.1. Из файла **Имя ПО.svro** считывается модель исходных данных.
 - 1.2. Вводится модель предпочтений из файла **Имя ПО.svopt**.
 - 1.3. Задаются условия выполнения скалярной оптимизации с аддитивной ОФ на основе критериев, заданных в модели предпочтений и сохраняются в файле **Имя ПО АОФ.svopt**.
 - 1.4. Выборочные шкалы признаков преобразуются в теоретические путём расширения границ шкал либо находится минимальный процент сдвига границ.
 - 1.5. Вычисляется рейтинг объектов и сравнивается с рейтингом, полученным методом лексикографической оптимизации.

- 1.6. Задаётся мультипликативная дополнительная ОФ. Условия задачи сохраняются в файле **Имя ПО МДОФ.svopt**.
- 1.7. Вычисляется рейтинг объектов и сравнивается с рейтингом, полученным с применением аддитивной ОФ.
- 1.8. Задаётся мультипликативная прямая ОФ. Условия задачи сохраняются в файле **Имя ПО МПОФ.svopt**.
- 1.9. Вычисляется рейтинг объектов и сравнивается с рейтингами, полученными с применением АОФ и МДОФ.
- 1.10. Задаётся максиминная ОФ и сохраняется в файле **Имя ПО МаксМин.svopt**.
- 1.11. Вычисляется рейтинг объектов и сравнивается с рейтингами, полученными с применением АОФ, МДОФ и МПОФ.
- 1.12. Выполняется сопоставительный анализ применения различных ОФ.

2. *Оценка влияния важности критериев*

- 2.1. Из файла **Имя ПО.svro** считывается модель исходных данных.
- 2.2. Из файла **Имя ПО АОФ.svopt** считываются условия задачи и вычисляется рейтинг объектов.
- 2.3. В каждой таблице иерархии устанавливается равная важность признаков.
- 2.4. Вычисляется рейтинг объектов и сравнивается с рейтингом, полученным для не равноважных критериев.
- 2.5. Определяется устойчивость модели выбора к изменению важности одного из критериев.

3. *Сопоставление метода достижения цели с методом отклонения от цели*

Этот эксперимент выполняется для признаков с заданными реальными целями. Сопоставляются рейтинги объектов, полученные с применением скалярной оптимизации с АОФ и методом отклонения от цели.

4. *Сопоставление оптимизации по критериям с оптимизацией по полезности*

Этот эксперимент выполняется при наличии функций полезности признаков. Переходя от них к критериям, сопоставляются полученные рейтинги и делаются выводы.

5. *Сопоставление оптимизации по критериям с методом анализа иерархий*

На основе листовой таблицы формируется МПС кратности предпочтений. Рейтинг, полученный на основе приоритетов объектов, сравнивается с рейтингом, полученным с применением скалярной оптимизации с АОФ.

6. По результатам экспериментов студент отдаёт предпочтение одному из методов и обосновывает свой выбор в отчёте по работе, оформляемом в виде курсового проекта или реферата по дисциплине.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Системный подход к выполнению практикума по теории принятия решений позволяет исследовать свойства методов в их взаимосвязи на одной и той же модели исходных данных. Качество модели выбора и получаемых результатов зависит от глубины изучения студентом предметной области, что обеспечивается свободой её выбора.

Методика разработана и внедрена в Петербургском государственном университете путей сообщения. Она рассчитана на гибкое изменение сложности практикума для различных категорий обучающихся.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Микони С.В., Гарина М.И., Бураков Д.П.** Применение системы выбора и ранжирования СВРЬ-Р для практического освоения курса «Теория принятия решений» // Труды научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования ИНФО-РИНО-2012». М.: Издательство МЭИ, 2012. С. 90—93.
2. **Микони С.В., Гарина М.И.** Лабораторный практикум по дисциплине «Теория принятия решений»: учебное пособие. СПб.: ПГУПС, 2009. 96 с.
3. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mcd-svir.ru>. (Проверено 22.12.2015).
4. **Микони С.В.** Теория принятия управленческих решений: учебное пособие. СПб.: Лань, 2015. 448 с.
5. **Микони С.В., Ходаковский В.А.** Основы системного анализа: учебное пособие. СПб.: ПГУПС, 2011. 142 с.

S.V. Mikoni

smikoni@mail.ru

Saint Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg

LABORATORY WORKSHOP IMPLEMENTING A SYSTEM APPROACH TO THE STUDY OF METHODS OF A CHOICE BY MANY CRITERIA

SUMMARY

A special place in the study of decision theory takes the choice of alternatives on many criteria. Currently, many methods are developed to solve this problem. And this causes difficulties when searching method will best fit for solving the problem of choice. The system of selecting and ranking SVIR-U, developed in St. Petersburg State Transport University, allows you to explore the properties of the different methods on the same initial data model. The technique is proposed for studying the properties of the most used methods of choice.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ УТЕЧЕК ИНФОРМАЦИИ В КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён корпоративным системам защиты документооборота — DLP-системам. Проанализированы основные проблемы, способы и механизмы анализа электронных документов, а также предлагается новая концепция развития DLP-систем.

ВВЕДЕНИЕ

Появление в середине 90-х годов DLP-систем (*Data Leak Prevention*) стало весьма важным событием в развитии систем информационной безопасности корпоративных информационных систем. Современные DLP-системы — это технологии, позволяющие предотвратить утечку из организации конфиденциальной информации. При этом информация, которая не относится к конфиденциальной, может свободно передаваться через периметр безопасности КИС по любым каналам. Этому направлению развития предшествовала несколько важных причин, которые показали неэффективность существующих механизмов защиты информации. Основными из них стали следующие:

- 1) широкое развитие электронного документооборота в корпоративных информационных системах повысило вероятность утечки информации за пределы периметра безопасности КИС. Этому также способствовал низкий уровень развития корпоративной культуры в организации и профессиональной этики в сфере информационной безопасности;
- 2) методология защиты информации, основанная на механизмах конфиденциальности, целостности и доступности [1, 2], реально обеспечивала защиту только «инфраструктуры — места хранения, передачи и обработки данных» [3—5]. Только с появлением DLP-продуктов информационные системы научились отличать конфиденциальную информацию от обычной;
- 3) сегодня наиболее слабым и практически неконтролируемым звеном в системах информационной безопасности являются сотрудники организации, и это обстоятельство вынуждает создавать новые дополнительные механизмы информационной безопасности [6, 7].

На текущий момент на рынке систем информационной безопасности представлено довольно много DLP-решений, позволяющих определять и предотвращать утечку конфиденциальной ин-

формации по различным каналам. Среди отечественных можно выделить следующие:

- Дозор Джет 5.0.1;
- InfoWatch Traffic Monitor Enterprise 5.1;
- Falcongaze SecureTower 5.1;
- МФИ Софт Гарда Предприятие 2.1.4;
- SearchInform (Контур информационной безопасности);
- Zecurion Zgate 4.0, Zlock 5.0, Zdiscovery 2.0 и другие.

Эти системы обеспечивают выполнение следующих функций:

- контроль передачи информации через Интернет с использованием E-Mail, HTTP, HTTPS, FTP, Skype, ICQ и других приложений и протоколов;
- контроль сохранения информации на внешние носители — CD, DVD, flash, мобильные телефоны и т.п.;
- защиту информации от утечки путём контроля вывода данных на печать;
- блокирование попыток пересылки (сохранения) конфиденциальных данных, информирование администраторов ИБ об инцидентах, создание теневого копий, использование карантинной папки;
- поиск конфиденциальной информации на рабочих станциях и файловых серверах по ключевым словам, меткам документов, атрибутам файлов и цифровым отпечаткам;
- предотвращение утечек информации путём контроля жизненного цикла и движения конфиденциальных сведений.

Обычно система класса DLP включает следующие компоненты:

- центр управления и мониторинга;
- агентов на рабочих станциях пользователей;
- сетевой шлюз DLP, устанавливаемый на Интернет-периметр.

Кроме заявленных задач, DLP-системы решают и некоторые функции скрытого сбора информации и мониторинга действий сотрудников:

- контроль работы агентов;
- защиту от выключения и удаления;
- контроль целостности агента;
- маскировку агента в системе;
- работу агента при загрузке Windows в безопасном режиме;
- контроль политики агента;

- возможность настройки реагирования на события;
- возможность создания снимков экрана АРМ с заданным интервалом времени или при смене окна активного процесса;
- просмотр рабочего стола в режиме реального времени;
- запись звука через микрофон ноутбука или подключённую гарнитуру;
- протоколирование времени работы в приложениях;
- протоколирование времени, проведённого на той или иной вкладке браузера;
- контроль запуска приложений;
- использование кейлоггера.

DLP-системы обычно включают и механизмы поиска информации:

- сканирование рабочих станций;
- сканирование общих сетевых хранилищ. Сканирование хранилищ Microsoft SharePoint;
- создание теневых копий найденных конфиденциальных документов;
- запуск заданий вручную или по расписанию;
- удаление или перемещение конфиденциальных данных в карантин;
- автоматическое определение первоначального владельца данных на основе заданных критериев.

Однако действительно комплексных решений, покрывающих все существующие каналы, значительно меньше [6]. В этих условиях чрезвычайно важным становится выбор технологии, обеспечивающей защиту от утечек конфиденциальной информации с максимальной эффективностью и минимальным количеством ложных срабатываний.

1. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕХАНИЗМОВ РАБОТЫ DLP-СИСТЕМ В КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

В основе работы DLP-систем положен процесс анализа содержимого документа или его определённых признаков (меток), который применяется к различным по форме и содержанию электронным документам (ЭД). В общем виде модель документа в DLP-системах можно описать короткем:

$$S = \{m, h, t, [W,]f, p\}, \quad (1)$$

где m — метка, устанавливаемая в документе (возможно в скрытой форме); h — цифровой отпечаток, полученный в результате преобразования характерного блока документа в бинарный код фиксированной длины; t — текст документа; W — стоп-слова, которые могут содержаться в документе (квадратные скобки для случая, когда $W = \emptyset$); f — формат документа; p — протокол передачи документа (*ftp*, *www*, *smtp* и др.)

Цель процесса анализа содержимого электронного документа — определение наличия конфиденциальной информации в электронном документе и при обнаружении инцидента (нарушения правил перемещения электронного документа за границы периметра зоны безопасности) проведение определённых правил или политики безопасности действия. У каждого производителя DLP-систем используются для этого свои технологии, но все они объединяются в две основные группы: *лингвистический анализ* и *статистические методы* [3, 4]. Каждая технология имеет свои сильные и слабые стороны, которые определяют область их применения. Все остальные элементы архитектуры DLP-систем (программы обработки документов в различных форматах и протоколах, управление устройствами вывода информации, подсистемы управления событиями и инцидентами, программы формирования отчетов, шифрование документов и другие элементы) у большинства производителей похожи. Более совершенные системы позволяют распознавать ещё и графические изображения, имеют встроенную систему шаблонов, адаптированы к особенностям русского языка, включают технологии распознавания замаскированного текста и транслитерации, подсистемы искусственного интеллекта для самообучения неклассифицированных данных и другие технологии [4].

Остановимся более подробно на достоинствах и недостатках различных методов анализа электронных документов. Сегодня можно выделить следующие методы лингвистического анализа [3, 4].

1. Методы контентной фильтрации:

- анализ меток;
- контроль сигнатур и анализ по словарю;
- анализ масок (регулярных выражений);
- анализ по типам файлов.

2. Методы контекстного анализа.

Основное содержание *лингвистического анализа* заключается в анализе информации либо непосредственно в самом документе, либо в его описании (метке), либо названия ЭД и определения его типа.

Самый простой и быстрый метод контентной фильтрации — это *анализ меток*, при котором анализируется не сам документ, а некоторая метка, которая однозначно определяет тип содержащейся внутри ЭД информации. Это наиболее быстрый метод классификации документов, требующий наличия в DLP-решениях предварительной классификации контента. Этот механизм классификации документа хорошо может работать при защите хранилищ документов.

Сигнатурные системы настроены на поиск нескольких слов и определение частоты их появления в анализируемом тексте. К достоинствам этих методов можно отнести независимость от языка и простоту пополнения словаря запрещённых терминов.

Расширением механизма поиска сигнатур в ЭД является *поиск «стоп-слов» по их маске*. К такой информации следует отнести любые коды, характеризующие персону или предприятие: ИНН, номера счетов, документов и т.д.

Методы контекстного анализа. При контекстном анализе исследуемая единица языка (слово, его часть, сочетание слов или предложение) рассматривается в составе контекста всего ЭД. Например, метод тематических групп состоит в том, что на основе какой-либо заранее определённой предметно-тематической направленности ЭД определяется некоторая совокупность слов, которые являются характерными лексическими и терминологическими структурами. Производители DLP-решений, как правило, не раскрывают технологии этого анализа.

Ещё одно достоинство лингвистических технологий — их обучаемость на готовых шаблонах документов. Скорость обработки информации пропорциональна её объёму и слабо зависит от количества определяемых категорий. Основным недостатком лингвистических технологий является их зависимость от языка и возможность применения этих методов для ЭД, в которых содержится только текстовая информация, не применимая к графическим изображениям и базам данных. Точность классификации ЭД методами лингвистического анализа может достигать до 92—95 % после проведения обучающих процедур [3].

Статистические технологии используют ЭД с произвольной последовательностью символов, поэтому одинаково хорошо работают с текстами на любых языках, а также с ЭД, содержащими не текстовую информацию.

К статистическим методам относят:

- 1) метод цифровых отпечатков на основе Хэш-функций;
- 2) технологии проактивной защиты.

Основная идея метода цифровых отпечатков заключается в особом применении хэш-функций для отдельных фрагментов и всего документа в целом. Фрагменты ЭД могут включать в себя от нескольких слов до нескольких предложений. При классификации документов проводятся вычисление значений хэш-функции анализируемого документа и сравнение полученного результата с аналогичными в БД. Поскольку каждый цифровой отпечаток занимает от 5 до 20 % оригинала, база данных цифровых отпечатков постепенно разрастается. Практическое применение этого метода показало, что существует некоторое критическое значение объёма БД по сравнению с объёмом оперативной памяти сервера с ядром DLP-системы.

Проактивные технологии представляют собой совокупность технологий и методов, основной целью которых в отличие от методов контекстного анализа является предотвращение пропус-

ка ЭД за пределы периметра безопасности до их появления на границе периметра зоны безопасности [3] за счёт применения правил поведенческого анализа приложений и сотрудников в корпоративной сети, выполняющих подозрительные действия с конфиденциальной информацией.

2. НЕДОСТАТКИ СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ DLP-СИСТЕМ

Изучение механизмов работы различных DLP-решений показало следующее (рис. 1).

1. Процессы мониторинга ЭД в существующих DLP-решениях непосредственно встроены в бизнес-процессы КИС. Это, безусловно, влияет на скорость обмена информацией, которая уменьшается при увеличении базы данных цифровых отпечатков, классификационных признаков, количества сигнатур и увеличения объёма циркулирующих ЭД.



Рис. 1. Основные функции существующих DLP-решений

- В конечном счёте это может привести либо к блокированию всех процессов, либо к применению более грубых и неточных методов классификации ЭД.
2. Учитывая это обстоятельство, существующие концепции архитектуры DLP-решений могут найти ограниченное применение только в тех КИС, где скорость обмена информацией не является критичной для бизнес-процессов.
3. С точки зрения теории систем архитектура существующих DLP-решений не является рациональной, так как требует постоянного сопровождения при любых изменениях форм ЭД, каналов, протоколов, содержания шаблонов ЭД для их классификации и других факторов.
4. Существенным недостатком DLP-решений является избыточность мониторинга ЭД. Каждый документ, пересекающий границу периметра безопасности, подвергается анализу независимо от того, анализировался он до этого или нет. Это означает, что механизмы работы с историями ЭД отсутствуют [7].
5. Остаётся невыясненным вопрос идентификации DLP-системами сложных составных документов, в которые включены изменённые

фрагменты различных конфиденциальных документов.

6. Практически все отечественные DLP-решения дают возможность администратору безопасности просматривать контент любого ЭД, что в принципе не снимает угрозу утечки информации.
7. В том случае если внутри корпоративной системы существует доступ к неконтролируемым беспроводным сетям, существующие DLP-решения не работают.
8. Наличие скрытых функций DLP-систем для мониторинга работы сотрудников КИС относится к неэтичным методам контроля работы информационных систем. Разработчики этих систем рекомендуют их скрытое внедрение и сопровождение. Это позволяет выявлять нелояльных сотрудников и уменьшать риски утечки конфиденциальной информации.

3. НОВЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗВИТИЮ DLP-СИСТЕМ НА ОСНОВЕ СОЗДАНИЯ СЕРТИФИКАТА ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТА И ЕГО КОНТРОЛЯ ПРИ ПЕРЕСЕЧЕНИИ ПЕРИМЕТРА БЕЗОПАСНОСТИ КИС

Основная концепция существующих DLP решений основана на идее полного контроля ЭД на границе периметра зоны безопасности КИС, при этом рассматривается только выходящий поток ЭД. По существу, DLP-контроль осуществляется в наиболее чувствительной по времени ситуации в системе управления, когда передаётся управляющее воздействие на объекты управления. Анализ существующей системы документооборота в КИС показывает, все ЭД в КИС можно классифицировать по следующим трём группам:

- 1) входящие ЭД, которые также могут содержать конфиденциальную информацию;
- 2) ЭД, которые генерируются персоналом и АСУ;
- 3) сложные составные документы из различных ЭД, содержащих, в том числе, конфиденциальную информацию.

Все три группы ЭД слабо чувствительны к фактору времени, и это обстоятельство необходимо использовать при разработке новой концепции DLP-систем, в которой анализ содержимого ЭД этих групп может проводиться не в жёстких условиях временных ограничений, а в момент поступления их в систему или при создании их в КИС. Однако для этого необходимо ввести некоторую дополнительную конструкцию и механизм формирования описания документа (сертификата), позволяющие выполнять несколько функций:

- 1) сохранять историю создания и изменения ЭД, в том числе ссылки на источники составных документов, цифровые отпечатки этих включений и их координаты в документе;

- 2) определять авторство, в том числе для составных документов;

- 3) определять уровень конфиденциальности для документа исходя из уровня конфиденциальности его составных частей. При этом может быть использовано следующее правило: *уровень конфиденциальности всего документа определяется наибольшим уровнем конфиденциальности включаемого фрагмента либо его автором;*

- 4) определять допустимость устройств вывода этого документа (печать, копирование на внешние носители и т.д.) для этой категории конфиденциальности ЭД, в том числе за пределы периметра безопасности контролируемой зоны;

- 5) определение наличия стегоконтейнеров, отдельных фрагментов документа с криптографическим шифрованием и заменой элементов текста для скрытия его смыслового значения (реализация этой функции в данной статье не рассматривается).

Модель электронного документа в этой концепции имеет следующий вид:

$$\begin{cases} S = \{t_1, t_2, \dots, t_i\}; & (2) \\ C = \{a_i, k_i, u_i, m_i, h_i, d_i, x_i \dots\}, & (3) \end{cases}$$

где S — редактируемый или создаваемый документ; t_i — блоки составного документа; a_i — автор(ы); k_i — уровень конфиденциальности; u_i — источник (адрес); m_i — матрица разрешенных действий; h_i — цифровой отпечаток; d_i — дата и время; x_i — ключевые слова, аннотация, метки и другая информация.

Таким образом, новая концепция системы DLP-решений строится не на анализе содержимого ЭД при пересечении периметра безопасности контролируемой зоны, а на проверке его сертификата, в котором есть вся информация о документе для принятия решения (рис. 2).

Появление документа на границе периметра безопасности без соответствующего сертификата приводит к его немедленному блокированию и запуску механизма расследования инцидента.

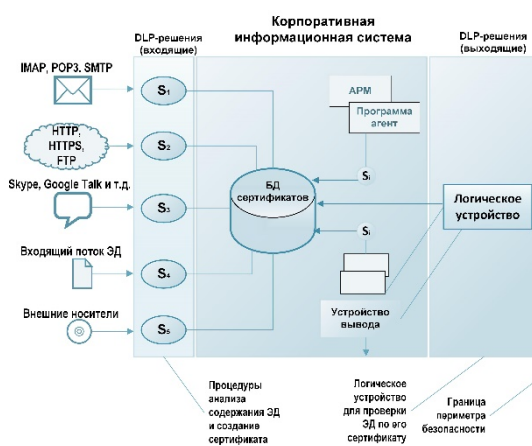


Рис. 2. Новый подход к развитию DLP-решений

Эта концепция потребует при сохранении отдельных элементов существующих систем разработки принципиально новых решений.

1. Типовое решение программы-агента (ПА) для каждого автоматизированного рабочего места в КИС. Эта программа должна создавать или изменять сертификат документа параллельно с его созданием или изменением во всех предусмотренных офисных приложениях. В сертификат вносится информация об источниках, которые включаются в документ либо цитируются из других документов, и определяется уровень их конфиденциальности из сертификата источника либо путём анализа этого документа. Если конфиденциальность документа при включении в него части другого документа с более высоким уровнем конфиденциальности повышается, то исполнитель документа предупреждается об этом. Часть сертификата перед сохранением документа может быть отредактирована непосредственно самим исполнителем. Если при этом он изменяет уровень конфиденциальности документа в сторону снижения, то это рассматривается системой как возможная компрометация документа. Такое событие фиксируется программой в сертификате, а исполнитель и администратор безопасности предупреждаются. При возникновении критических событий ПА передаёт эту информацию на АРМ администратора безопасности. Одна из дополнительных функций ПА – это контроль собственной целостности. Правила, определяющие работу ПА, определяются функциональными обязанностями должностного лица АРМ и его ролью в системе безопасности КИС. Эти правила загружаются на АРМ при авторизации должностного лица в КИС.

2. Разработка программы контроля сертификатов при пересечении ЭД границы периметра безопасности (логического устройства, рис.1). Правила контроля определяются матрицей возможных перемещений ЭД. Эта матрица формируется исполнителем либо тем должностным лицом, которое знакомится с документом. В системе должны быть предусмотрены типовые профили перемещения документа на период всего его жизненного цикла.

3. Разработка программы расследования инцидентов по анализу сертификата документа. Программа должна построить на основании исследования сертификата документа, где хранится история его создания, граф изменения состояния документа и его исполнителей, а также ссылки на включённые в него другие документы и источники.

4. Разработка программы описания информационного пространства должностных лиц и их полномочий по доступу к документам различного уровня конфиденциальности. Эта часть ПО позволяет контролировать полномочность доступа к

конфиденциальной информации разного уровня в системе и меру ответственности персонала.

Что даёт нам развитие DLP-решений по этой концепции?

1. Система организована более рационально: не критична ко времени контроля ЭД; сохраняет историю ЭД; легко включается либо включает в себя систему документооборота внутри КИС; легко масштабируется на любое количество АРМ; легко перестраивается при изменении ролей персонала в системе безопасности и изменениях их функциональных обязанностей и ответственностей в КИС.

2. Настройка DLP-системы проводится автоматически путём ввода в систему формализованной политики безопасности с распределением ролей и ответственности персонала организации при работе в КИС.

3. Совокупная стоимость владения таким DLP-решением ниже за счёт снижения требований к техническим характеристикам серверов, разработке (коррекции) автоматизированной политики безопасности и распределению ролей персонала.

4. Решения на основе этой концепции более конкурентоспособны за счёт включения функций документооборота, возможности проведения автоматизированного расследования инцидентов на этапе формирования сертификата ЭД, а также возможности контроля утечки информации даже по неконтролируемым беспроводным каналам связи за счёт установки ПА на мобильные системы связи.

5. В предлагаемой DLP-системе отсутствует возможность ознакомления персонала службы безопасности с содержанием конфиденциального документа, что, безусловно, снижает вероятность утечки информации.

6. Предложенное решение может найти применение при создании системы поддержки авторских прав в глобальной сети ИНТЕРНЕТ и противодействия явлению массовой компиляции информации при решении образовательных, научно-исследовательских и других задач. Для этого потребуются создание сети центров регистрации ЭД и хранения их сертификатов. Кроме того, эти центры должны решать функции сопоставления сертификатов документов и выявления наличия компилированных материалов.

7. Система более приспособлена для развития функций проактивной защиты, так как содержит историю создания документа.

8. Система логично встраивается в системы документооборота путём включения логики прохождения ЭД по должностным лицам либо сама осуществляет функции этих систем. Для этого разрабатываются функции управления движением документа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема утечки конфиденциальной информации в системах электронного документооборота стала актуальной с момента массового применения вычислительной техники в организациях, где есть конфиденциальная информация. Первоначальные решения по поиску конфиденциальной информации по «стоп-словам» на её внешних и внутренних носителях были достаточно эффективны. Однако с появлением сетевых технологий и развития электронного документооборота появилась потребность создания более совершенных систем безопасности контроля утечки информации. Предлагаемые сегодня на рынке программного обеспечения DLP-решения, на наш взгляд, не имеют перспектив дальнейшего развития, так как при увеличении объёма документооборота становится заметным влияние DLP-систем на работу КИС и снижение её производительности. Предложена новая концепция развития DLP-системы, позволяющая выйти на более совершенный уровень развития этих систем путём модернизации их архитектуры и разработки новых функций программ-агентов на APM.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Минзов А.С.** Методология применения терминов и определений в сфере информационной, экономической и комплексной безопасности бизнеса: уч.-мет. пособие. М.: ВНИИГеосистем, 2011. 84 с.
2. **ГОСТ Р ИСО/МЭК 27002-2013.** Информационная технология. Практические правила управления информационной безопасностью.
3. **Хайретдинов Р.Н.** Как работают DLP-системы: разбираемся в технологиях предотвращения утечки информации. *Хакер* №3/11. [Электронная версия]. URL: <http://www.xakep.ru/post/55604/>
4. **Артамонов В.А.** DLP — системы: функционирование и модель. [Электронная версия]. URL: itzashita.ru/wp-content/uploads/2012/11/DLP_p12.pdf
5. **DLP Information Security Encyclopedia 2013.** [Электронная версия]. URL: <http://www.wikisec.ru/index.php?title=DLP>
6. **Шабанов И.** Ключевые отличия российских и зарубежных DLP-систем // *Information Security (Информационная безопасность)*. No 2. 2011.
7. **Касперская Н.** Происходит смена парадигмы развития DLP-рынка в сторону проактивной защиты от внутренних угроз и создания систем анализа информационных рисков. [Электронная версия]. URL: <http://www.anti-malware.ru/node/12739>

A.S. Minzov, A.S. Aleksandrov, V.A. Meshcherskii

Alexibb1312@yandex.ru; MinzovAS@mpei.ru; v.meschersky@gmail.com
National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow
International University of Nature, Society, and Man, Dubna

NEW APPROACHES TO THE PREVENTION OF INFORMATION LEAKAGES IN CORPORATE INFORMATION SYSTEMS

SUMMARY

The report focuses on workflow protection systems — DLP-systems. Main problems, methods and mechanisms for the analysis of electronic documents been analyzed and a new concept of evolution for DLP-systems offered.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОИСКОВОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К МОДЕЛИ СПЕЦИАЛИСТА В СФЕРЕ IT

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён рассмотрению особенностей использования поисковой системы Google для обоснования требований к модели специалиста в сфере IT. Приводятся примеры поисковых запросов профессиональных требований к специалисту IT. Проводится анализ требований к профессиональным и личностно-ориентированным компетенциям IT-специалистов.

ВВЕДЕНИЕ

Моделирование требований к IT-специалистам связано с возрастающим прогрессом в области телекоммуникаций и информационных технологий и проводится как при разработке содержания образовательных программ, так и при создании профессиональных стандартов в сфере IT. Кроме того, описание требований к моделям специалистов используют и рекрутинговые компании. Это позволяет составить релевантную модель требований к специалистам. Моделирование таких требований обычно проводится с использованием технологий опроса и требует значительных временных и ресурсных затрат. Ещё большую сложность представляет собой решение и других задач, в том числе:

- выявление динамики изменения требований к специалистам по регионам РФ;
- выявление динамики изменения отдельных требований к специалистам во времени;
- прогнозирование изменения профессиональных и личностно-ориентированных компетенций по регионам РФ;
- прогнозирование изменения профессиональных и личностно-ориентированных компетенций за рубежом.

Анализ возможностей современных поисковых систем в Интернет показал, что использование их функций для оценки частот появления результатов запросов позволяет при определённых условиях провести контент-анализ и оценить относительные частоты упоминаний изучаемых требований рассматриваемых компетенций в массивах документов. Кроме того, поисковые системы позволяют оценить и корреляционные связи между отдельными требованиями анализируемых компетенций.

Эти обстоятельства и определяют актуальность научного направления, связанного с моделированием профессиональных и личностно-ориентированных компетенций путём использования метода контент-анализа и функций поисковых систем.

1. ОПИСАНИЕ ЯЗЫКА ПОИСКОВЫХ ЗАПРОСОВ И МОДЕЛИ ЗАПРОСА

В поисковой системе GOOGLE язык запросов позволяет провести контент-анализ и оценить относительные частоты. Для оценки частот появления результатов запросов необходимо построить модель запроса.

Семантическая модель запроса имеет следующий вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \left\{ \begin{array}{l} \text{Профессия} \\ \text{Компетенция} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \text{Требования} \\ \text{Свойства} \\ \text{Функции} \\ \text{Принципы} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \text{"Название"} \\ \text{"Страна"} \\ \text{"должности"} \\ \text{"город"} \end{array} \right\} \left\{ \text{"daterange:"} \right\} \end{array} \right\} (1)$$

Здесь в фигурных скобках рассматриваются синонимы ключевых слов поискового запроса в релевантной форме. Термины, заключённые в кавычки, должны в обязательном порядке присутствовать в результатах поиска. Функция «daterange:» позволяет выделить только те результаты, которые соответствуют заданному интервалу дат [3]. При исследовании влияния порядка в запросе ключевых слов было выявлено, что перестановка слов в запросе не влияет на конечный результат поиска. При работе с моделью запроса порядок слов в запросе не изменяет результат.

Исследование погрешностей поиска в зависимости от времени, места запроса (IP-адрес), применения различных вариантов семантической модели поискового запроса (1) позволили сделать вывод о том, что погрешность результатов запроса в поисковой системе GOOGLE составляет до 10 % при подсчёте количества результатов поиска (n).

2. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

Профессиональные компетенции являются неотъемлемой частью требований при устройстве на работу любого сотрудника. Для исследования динамики изменения требований к профессиональным компетенциям программиста были рассмотрены результаты запросов по поисковой модели (1) на знание следующих языков программирования: *1C, C, PHP, PYTHON, JAVA* (рис. 1).

На диаграмме показана потребность на знание различных алгоритмических языком программирования в период с 2005 по 2015 г. Наиболее высокий рост потребности в знании алгоритмических языков 1C и C. Очевидно, что такая тенден-

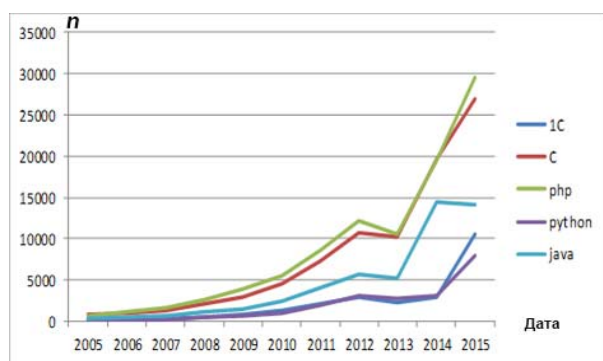


Рис. 1. Диаграмма востребованности языков программирования

ция сохранится и в ближайшем будущем. Такой подход позволяет учесть тенденции изменения требований рынка труда специалистов в сфере информационных технологий, что позволяет повысить востребованность выпускников вузов.

3. ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИЧНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

Для исследования личностно-ориентированных компетенций были взяты наиболее распространённые в сфере ИТ требования: *ответственность, коммуникабельность, внимательность, исполнительность, аккуратность, организованность, креативность и амбициозность*. Исследовалась относительная частота упоминания отдельных требований личностно-ориентированных компетенций в русскоязычном Интернете. Результаты выполнения запросов представлены на гистограмме (рис. 2). Наиболее важными компетенциями являются «ответственность» и «коммуникабельность».

Проведённые исследования по крупным городам России показали достаточно высокое совпадение этих результатов. Подобные исследования позволяют:

- 1) определить тенденции изменения требований рынка труда к отдельным личностно-ориентированным компетенциям специалистов в сфере ИТ;
- 2) разработать научно-обоснованные принципы и требования для кодексов профессиональной этики специалистов в сфере информационных технологий;
- 3) своевременно вносить изменения в учебные программы образовательных учреждений для своевременных реакций на требования рынка.

Y.V. Naumovich, A.S. Minzov

sigma_47@mail.ru; 926-565-0570@mail.ru

Dubna University, Dubna

USE SEARCH ENGINES TO JUSTIFICATION OF REQUIREMENTS TO SPECIALISTS IN THE FIELD OF IT

SUMMARY

The report is devoted to the specific use Google search engine to support the requirements of the model specialist in the field of IT. Examples of search queries professional requirements to a specialist IT. The analysis of the requirements for professional and personal competence-oriented IT- specialists.

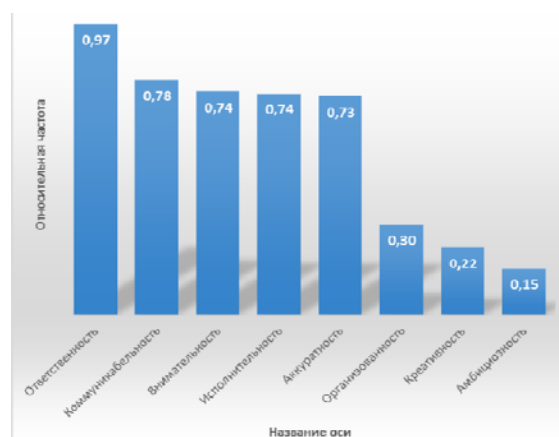


Рис. 2. Диаграмма требований к личностно-ориентированным компетенциям

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В представленном докладе были рассмотрены особенности использования поисковой системы GOOGLE для обоснования требований к модели специалиста в сфере ИТ. При этом использовалась семантическая модель запросов, позволяющая находить частоты упоминаний отдельных ключевых слов как во всём русскоязычном Интернете, так и в отдельных регионах и городах. Кроме того, можно учесть и динамику изменения исследуемых социальных факторов во времени. Такой подход исследования и построения моделей выпускников образовательных учреждений ранее не использовался. Предложенная методика позволяет решать и ряд других задач, в том числе:

- определять частоты появления совместных факторов, заданных ключевыми словами;
- определять особенности образовательных моделей в регионах России;
- проводить сравнение отечественных и зарубежных профессиональных моделей специалистов;
- прогнозировать развитие требований профессиональных моделей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Шалак В.И.** Современный контент-анализ. М.: Изд-во «Омега»; Л, 2009.
2. **Таршис Е.Я.** Контент-анализ: принципы методологии. М.: Изд-во «Стереотип», 2014.
3. **Язык** поисковых запросов Google// www.diacr.ru [сайт]. 2015. URL: <http://www.diacr.ru/zametki/20-kak-pravilno-iskat-v-google/kak-pravilno-iskat-v-google.htm> (дата обращения: 11.10.2015).

ОБ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ТРЁХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ САПР

АННОТАЦИЯ

В статье предложен один из методов оптимизации процесса трёхмерного моделирования как составляющей процесса проектирования изделий в машиностроительной отрасли. Отражена связь между эффективностью процесса моделирования в САПР и качеством выполнения задачи проектирования. Подчеркнута важность планирования процесса проектирования, включая стадию постановки задачи моделирования. Метод планирования и оптимизации процесса трёхмерного моделирования представлен в виде анализа задачи проектирования с последующей группировкой по типу задачи, а также входным и выходным условиями.

ВВЕДЕНИЕ

Современное развитие интеграции производственных данных во всем мире проходит под эгидой CALS-технологий — новой концепции развития производственной и коммерческой информатики. В России в последнее время устоялась русскоязычная интерпретация термина CALS — информационная поддержка изделий (ИПИ). Ключевым компонентом ИПИ-технологий являются PDM-технологии (Product Data Management — управление данными о продукции).

Повсеместное внедрение технологий PDM на машиностроительных предприятиях требует от последних применения современных подходов в работе не только со всей системой, но и с каждым её звеном. На почве дискуссий о различных подходах к оптимизации работы инженера-проектировщика в одном из таких звеньев — CAD/CAE (САПР — система автоматизированного проектирования) — «сломяком не одно копыё».

В связи со специфичностью САПР в различных отраслях здесь и далее речь пойдёт о применении именно машиностроительных САПР (MCAD/MCAE — разделение на системы, непосредственно проектирования и инжиниринга), что в принципе не противоречит возможности использования некоторых, показанных ниже методов и подходов, и в других областях применения САПР.

1. ТРЁХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ЧАСТЬ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Процесс проектирования в машиностроительной отрасли в современных условиях является одним из наукоёмких этапов всего жизненного цикла изделия. В связи с этим САПР вполне мо-

жет стать основным инструментом снижения затрат на проектирование и подготовку эксплуатационной документации.

По мнению специалистов, применение PDM-систем приводит к существенной экономии и получению дополнительной прибыли в производственной сфере, достигаемых за счёт сокращения:

- до 75 % сроков вывода на рынок новой продукции;
- до 30 % затрат на проектирование сложной, наукоемкой продукции;
- до 70 % брака и объёма конструктивных изменений;
- до 40 % расходов на подготовку эксплуатационной и технической документации.

В связи с наличием уже сотен видов программных продуктов на рынке MCAE/MCAD, предназначенных для решения широкого круга задач, стала очевидной такая важная характеристика пользователей, как наличие двух групп [1]:

1) специалистов, чья основная деятельность — анализ. Проектировщики или инженеры проекта ставят перед ними проблемы, а специалисты благодаря своей компетенции предлагают конкретные и точные результаты анализа;

2) универсалов, являющихся, как правило, инженерами-проектировщиками, использующими в основном среду MCAD и применяющие программные средства MCAE лишь для поддержки основной деятельности.

На этапе проектирования того или иного изделия перед проектировщиками, как правило, стоят две основные задачи: спроектировать изделие в кратчайшие сроки и обеспечить его собираемость с первого комплекта. Сегодня с каждой из них позволяет справиться практически любая САПР среднего уровня. Решение же обеих задач в конечном счёте приводит к снижению как временных, так и материальных затрат на проектирование и изготовление изделия, повышая тем самым его конкурентоспособность на рынке [2].

2. ЗАВИСИМОСТЬ ПУТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ТРЁХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОТ ПОСТАВЛЕННОЙ ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Целью функционирования САПР является проектирование. Проектирование — это процесс переработки информации, приводящий в конечном счёте к получению полного представления о проектируемом объекте и способах его изготов-

ления. Проектирование — это один из наиболее сложных видов интеллектуальной работы, выполняемой человеком. Проектирование сложных объектов выполняется творческим коллективом, поэтому он становится более сложным и трудно поддающимся формализации. Для автоматизации такого процесса необходимо чётко знать, что в действительности он собой представляет и как выполняется разработчиками.

Весь спектр задач моделирования в части создания и расчёта электронной модели можно условно разделить на три типа (рис. 1):

1) *копирование*. Минимальный уровень сложности. Основной объём работы при выполнении такого типа задачи — это перенос уже имеющихся чертежей или имеющегося изделия в электронную модель. Обычно применяется при создании баз знаний (КВЕ — Knowledge Based Engineering) или в реверс-инжиниринге [3];

2) *модернизация*. Средний уровень сложности. Основную часть работы составляет изменение большей части или всей электронной модели изделия для получения модификации с иными характеристиками. Обычно сопровождается ОКР;

3) *создание*. Высший уровень сложности. Основная работа выполняется в направлении создания с нуля электронных моделей новых видов изделий на основе уже имеющихся научных знаний, а также инновационных. Обычно является результатом НИОКР.

Данные типы задач как отдельно, так и в различных комбинациях, могут выполняться повсеместно и в процессе работы над одним проектом, например применение уже имеющегося узла с последующим улучшением его характеристик и встраивание в совершенно новую конструкцию. Соответственно как любая сложная задача проектирования наукоёмкого изделия может быть разделена на более простые задачи до такого уровня, на котором начнёт работать вышеприведённая классификация.

Процесс проектирования является творческим процессом и по праву считается одним из сложных, несмотря на его повсеместную автоматизацию. При проектировании каждый специалист в силу своих знаний методов проектирования, своего опыта в моделировании и возможностей самой САПР, зачастую неосознанно (не имея специальных знаний в психологии), применяет сразу несколько творческих подходов к решению задач.

Понятно, что сознательное применение только одного из подходов во всех типах задач не является оптимальным решением. Возможно, в данном случае есть необходимость в выработке некоторых критериев, которые могут обозначать правильность или обоснованность подхода к решению того или иного способа решения задачи моделирования.

Для начала необходимо представить саму задачу (а точнее, каждую из трёх типов) в виде системы с входными и выходными параметрами. Тогда сам процесс формирования пути решения может быть представлен в виде формулы или алгоритма. Под результатом или продуктом системы подразумевается электронная модель изделия. Хотелось бы подчеркнуть, что подразумевается именно формирование пути решения, а не формирование выбора решения, так как понятно, что решения или решений как результатов моделирования ещё не существует.

Входные параметры, которые могут быть представлены как существенно влияющие на систему, процесс решения задачи трёхмерного моделирования:

- носитель информации о задании — в виде эскиза, чертежа, технического задания и т.д.;
- условия выполнения — в виде сроков и стоимости;
- инструментарий — в виде ограниченных возможностей САПР.

Выходные параметры или требования, которые могут быть предъявлены к результатам решения задачи трёхмерного моделирования (рис. 1):



Рис. 1. Структурная схема определения путей решения задачи моделирования (*ОПМ — определение принципа моделирования) в САПР

- технологичность. Данный критерий обязывает выполнять модель, пригодную к изготовлению, в соответствии с техническими условиями. Сразу прослеживается прямая связь с входным критерием – носителем информации о задании, т.е. данный критерий отнесён к выходным параметрам, так как не всегда его определяет входной;

- редактируемость и кроссплатформенность. Подразумевается, что электронная модель должна быть редактируема и пригодна для переноса на другие САПР (возможности импорта и экспорта электронных моделей). Также прослеживается прямая связь с входным критерием – инструментарий САПР;

- эксплуатационные характеристики. Большинство современных САПР среднего и тяжёлого класса имеют встроенные модули расчёта эксплуатационных характеристик проектируемого изделия. Часть расчётных модулей основывается на базах знаний (КВЕ).

В рамках данной статьи не рассматривается также такой немаловажный критерий, который можно отнести к выходным – дизайн изделия. В современных условиях отечественной промышленности данный критерий напрямую связан со всеми тремя входными критериями, но зачастую незаслуженно обходится стороной в связи со спецификой тех же отечественных реалий. Но в процессе проектирования во многих случаях возникает необходимость моделирования поверхностей сложной геометрической формы (скульптурных поверхностей). Исходная информация для их моделирования задаётся в виде условий, определяющих геометрические, физические, эстетические и другие свойства проектируемого объекта [4].

В среде проектировщиков существуют два термина, определяющие совершенно противоположные подходы при моделировании изделий, особенно имеющих в своем составе 1000 и более деталей: «проектирование сверху вниз» и «проектирование снизу вверх». Эти термины являются основополагающими в определении принципов работы в САПР. Первый определяет процесс формирования изделия от общего концепта к отдельной детали. Сначала формируется общее представление об объекте — размеры, входные и выходные параметры, которые в процессе проектирования могут и изменяться — а затем общий концепт «дробится» на отдельные узлы, агрегаты и детали. Второй определяет процесс формирования изделия от детали к общей сборке изделия. Таким образом, конструктор создает одну деталь в одном файле, вторую — во втором, а затем собирает их в сборку уже в третьем.

Недостатки первого принципа существуют, но не являются критичными для специалистов: сложная, на первый взгляд, система параметрического контекстного моделирования.

Недостатками второго принципа является необходимость «помнить» все размеры сопрягаемых частей деталей, так как детали создаются отдельно друг от друга.

При возникновении ошибки на каком-либо этапе создания сборки появится необходимость исправления определённого количества деталей, что повлечёт за собой значительные временные затраты. В сравнении с такими же ошибками, возникающими при работе по первому принципу, затраты на исправление сокращаются в разы.

Как понятно из описания, первый принцип удобен при проектировании с нуля, т.е. при выполнении задачи 3-го типа. Второй же удобен, если есть чертежи или иная информация о размерах детали, т.е. удобен при выполнении задачи 1-го типа. Но такую технологию моделирования сложно назвать проектированием [2]. Ведь проектирование — это активное конструирование, а конструирование подразумевает не слепое копирование существующего образца, а осмысленный выбор наиболее рационального и целесообразного решения [5].

3. ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО ПУТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТРЁХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Помимо сокращения трудозатрат на проектирование, при рациональном использовании интеллектуальных ресурсов и инструментария САПР преимущества оптимального пути решения задач трёхмерного моделирования очевидны. Вспомним также теорию проектирования. Типовая последовательность этапов выполнения задачи проектирования:

- техническое задание;
- концепция изделия;
- компоновка изделия;
- деление изделия на узлы;
- детальная проработка узлов;
- контрольная сборка изделия;
- выпуск конструкторской документации;
- внесение изменений в проект.

Дополнительно между этапом концепта и производством документации может выполняться, причём неоднократно, прототипирование изделия.

Компоновка изделия обычно состоит из двух этапов: эскизного и рабочего. При компоновке важно уметь выделить главное из второстепенного и установить правильную последовательность разработки конструкции. Надо идти от общего к частному, а не наоборот. Выяснение подробностей конструкции на данном этапе не только бесполезно, но и вредно, так как отвлекает внимание конструктора от основных задач компоновки и сбивает логический ход разработки конструкции [6].

Компьютерный алгоритм проектирования состоит из трёх блоков:

- компоновка изделия и деление изделия на составные части;
- детальная проработка агрегатов;
- контрольная сборка изделия.

На этапе детальной проработки как самой трудозатратной и появляется необходимость в методическом обосновании выбора принципа решения задачи моделирования.

Предложенный метод выбора пути решения, применимый к задачам моделирования, позволяет сохранить сам принцип проектирования и обеспечить распределение информации об изделии через весь процесс проектирования. Каждый шаг создания узла изделия отвечает за свою часть формирования информации и наоборот. Такой подход дает возможность:

- избежать создания значительных массивов данных в одном файле и замедления работы САПР;
- выполнять пошаговые изменения, не допуская при этом появления новых ошибок;
- ускорить поиск места возникновения ошибки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Новые алгоритмы инструментов трёхмерного моделирования в САПР используют преимущества все более мощных компьютерных платформ. Совершенствуются автоматизированное формирование расчётной сетки, упрощённый пользовательский интерфейс, адаптация различных типов нели-

нейности, абстрактное моделирование и многие другие характеристики, т.е. совершенствуются именно инструменты «свободного» проектирования — конструирования. Использование же методов моделирования, зародившихся на заре появления «электронных кульманов» — первых двумерных графических систем, по мнению автора, нецелесообразно.

Предложенная классификация задач моделирования вполне может быть использована и в образовании при обучении студентов машиностроительных специальностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Classes** of MCAE Software: Clarifying the Market A Cyon Research White Paper July 9, 2008, Cyon Research Corporation, 8220 Stone Trail Drive Bethesda, MD 20817-4556 USA 301-365-9085, fax: 301-365-4586, cyonresearch.com.
2. **Фирсов В.А.** Проектируем или только моделируем? Критический взгляд на технологию работы в CAD-системах // CAD/CAM/CAE Observer. 2008. № 7(43). С. 42—45.
3. **Носов К.Г.** Когнитивный подход к решению задач моделирования и проектирования в САПР // Прикладная математика и вопросы управления. 2015. № 1. С. 73—85.
4. **САПР.** Типовые методы геометрического моделирования объектов проектирования. Рекомендации: Р 50-34-87. Введ. 1989-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1988. 112 с.
5. **Основы конструирования:** Справочно-методическое пособие. В 2-х кн. Кн.1 / под ред. П.Н. Учаева. — Изд. 3-е, испр. М.: Машиностроение, 1988. 560 с.

K.G. Nosov

designcon@ya.ru

Perm National Research Polytechnic University, Perm

ABOUT OPTIMIZATION OF THREE-DIMENSIONAL MODELING PROCESSES IN THE ENGINEERING CAD

SUMMARY

The article proposing a method of optimizing the process as a part of three-dimensional modeling of product design in the engineering industry. It shows the relationship between the efficiency of the process modeling in CAD and design quality of the task. Highlighted the planning stage of the design process including formulation of the problem of modeling. The method of planning and optimization of three-dimensional modeling is presented in the form of analysis of the problem of designing a follow-up group on the task type, as well as input and output conditions.

АНАЛИЗ И КЛАССИФИКАЦИЯ СОБЫТИЙ В КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

АННОТАЦИЯ

В работе рассматриваются виды инцидентов информационной безопасности.

Рассматривается возможность предотвращения инцидентов, основываясь на журналах событий.

ВВЕДЕНИЕ

Любое событие (*event*) в системе информационной безопасности (*information security*) представляет собой некоторое идентифицированное проявление определённого состояния системы, сервиса или сети, указывающего на возможное нарушение политики информационной безопасности (ИБ), отказ защитных мер или возникновение неизвестной ранее ситуации, которая может иметь отношение к системе безопасности [1]. Для работы с событиями информационной безопасности используются системы мониторинга (например, *Symantec Security Information Manager*, *ArcSight ESM* и т.д.), с помощью которых осуществляется сбор, обработка, хранение и классификация событий информационной безопасности (ИБ). Это позволяет выявить определённое состояние системы ИБ, а в отдельных случаях и спрогнозировать возможные нарушения системы безопасности корпоративных информационных систем (КИС). Кроме того, подобные приложения находят широкое применение при расследовании инцидентов информационной безопасности путём анализа журналов событий. Существующие средства анализа журнала событий позволяют снизить риск возникновения инцидента, но они не способны прогнозировать возникновение инцидента по малозначительным событиям.

Возможности этих систем ограничиваются только классификацией событий. На наш взгляд, разработчики приложений для служб информационной безопасности сегодня недостаточно внимания уделяют *превентивным* и *проактивным* методам защиты информационных систем по результатам анализа журналов событий.

При этом превентивные методы нацелены на распознавание ранних сценариев атак на информационные системы в моменты их сканирования и исследования. Это обычно всегда происходит перед атаками, нацеленными на проникновение внутрь корпоративных информационных систем, или при попытках атакующего, направленных на повышение своих привилегий.

Не меньшее значение в системах предупреждения инцидентов имеют методы проактивной защиты, срабатывающей в момент нарушения

системы безопасности КИС. А это означает, что эти методы должны идентифицировать события в момент их возникновения и предпринимать меры по их предупреждению в реальном времени.

Таким образом, существующие программные и технические средства анализа журналов событий сегодня не способны прогнозировать возникновение событий ИБ и обеспечить полноценную защиту КИС. Поэтому целью настоящей работы стала разработка или совершенствование существующих решений, способных обеспечить полноценную защиту КИС по анализу журнала событий в реальном времени.

1. АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ЖУРНАЛА СОБЫТИЙ

В современных информационных системах практически все операции с системой записываются в специальные файлы, которые называются журналами событий.

Журнал событий — это файл, в котором содержатся события, произошедшие с системой в момент её работы.

Журнал событий является одним из требований для обеспечения ИБ в ГОСТ Р ИСО/МЭК 27002-2012, в котором даются рекомендации по реализации журнала событий. Исходя из этих рекомендаций журнал событий по возможности должен содержать:

- a) идентификаторы пользователей;
- b) дату, время и детали ключевых событий, например начало сеанса и завершение сеанса;
- c) идентичность и местоположение терминала, если это возможно;
- d) регистрацию успешных и отклонённых попыток доступа к системе;
- e) регистрацию успешных и отклонённых попыток доступа к данным или другим ресурсам;
- f) возможность изменения конфигурации системы;
- g) возможность использования привилегий;
- h) возможность использования системных утилит и прикладных программ;
- i) файлы, к которым был осуществлен доступ и вид доступа;
- j) сетевые адреса и протоколы;
- k) сигналы тревоги, подаваемые системой управления доступом;
- l) активацию и деактивацию систем защиты.

В различных приложениях атрибуты записей могут отличаться, но в любом случае они могут дать достаточно полную информацию о происходящих событиях в КИС и системе ИБ. Это даёт возможность построения нового класса систем для превентивной и проактивной защиты КИС на основе анализа действия пользователей, построения их поведенческих моделей, прогнозирования дальнейших событий, определения объектов будущих атак и используемых для этого средств. Конечная цель работы этих систем заключается в оповещении администраторов безопасности о возможных событиях в системе ИБ и способах предотвращения их при определённых условиях. Решение этой задачи может быть основано на технологиях Data Mining [2].

2. АНАЛИЗ СОБЫТИЙ И ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРЕВЕНТИВНОЙ И ПРОАКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ КИС

В корпоративных информационных системах могут происходить различные события, которые могут вызвать инциденты ИБ. На первый взгляд малозначительные действия (например, попытка доступа к закрытым функциям, проверка системы на возможные ошибки, копирование информации), которые могут быть похожи больше на невнимательность пользователя при работе с системой, могут оказаться целенаправленными действиями на нарушение ИБ и используются сегодня в различных программных средствах: Symantec Security Information Manager, HP ArcSight ESM, IBM Security QRadar SIEM и других. Рассмотрим их более подробно с точки зрения возможности решения задач превентивной и проактивной защиты КИС.

2.1. Symantec Security Information Manager (Symantec SIM)

Основные возможности Symantec SIM:

- централизованный сбор, хранение, анализ журналов безопасности;
- обнаружение инцидентов в режиме реального времени;
- определение приоритетов инцидентов;
- автоматизация контроля над процессом исправления инцидентов;
- создание отчетов о соблюдении нормативных требований и аудите [3].

Symantec SIM анализирует события исходя из заданных правил. Если событие соответствует правилу корреляции, то создается заключение с описанием угрозы и шагов её устранения. Особенностью Symantec SIM является гибкость интеллектуальных правил, что позволяет достичь высокой скорости корреляции событий (до 30000 событий в секунду).

2.2. HP ArcSight ESM

Программное обеспечение для управления корпоративной безопасностью, осуществляющее корреляцию событий и анализ безопасности для идентификации и установления приоритета угроз в режиме реального времени и ранней реакции на инциденты [4].

Особенность: возможность установки модуля выявления поведенческих моделей и закономерностей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время не существует средств для реализации методов превентивной и проактивной защиты на основе анализа журналов событий. Современные методы и технологии Data Mining позволяют работать с большим количеством данных и извлекать из них нужную информацию. К сожалению, в существующих приложениях эти технологии практически не используются, хотя журналы событий содержат в себе достаточно много информации, которая может идентифицировать различные сценарии возможных или уже реализуемых атак.

Сложность разработки такой системы заключается в создании эффективного алгоритма поиска неявных закономерностей в журнале событий и прогноза возможных инцидентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 18044-2007. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Менеджмент инцидентов информационной безопасности.
2. Барсегян А.А., Куприянов М.С., Степаненко В.В., Холод И.И. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP. СПб.: БХВ-Петербург, 2008.
3. Обзор Symantec SIM [Электронный ресурс] URL: http://www.symantec.com/content/ru/ru/enterprise/white_papers/b-review_Symantec_SecurityInformationManager_4.6.pdf
4. HP ArcSight ESM. [Электронный ресурс]. URL: <http://www8.hp.com/ru/ru/software-solutions/arcsight-esm-enterprise-security-management/>

P.A. Osipov, A.S.Minzov

osipov.pavel92@gmail.com
Dubna University, Dubna

ANALYSIS AND CLASSIFICATION OF EVENTS IN THE CORPORATE INFORMATION SYSTEM

SUMMARY

The paper considers the types of information security incidents. The possibility of preventing incidents, based on event logs.

АВТОМАТИЗАЦИЯ КАДРОВОГО УЧЁТА КАК СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ВУЗОМ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён рассмотрению опыта разработки и внедрения системы автоматизации кадрового учёта в ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ» как составной части автоматизации управления университетом.

ВВЕДЕНИЕ

Каждая организация сталкивается с необходимостью ведения кадрового учёта своих сотрудников, а численность персонала непосредственно влияет на объём этой работы. В НИУ «МЭИ» 3400 сотрудников, большая часть из которых работает по срочным трудовым договорам (ряд сотрудников по совместительству занимают несколько разных должностей), при этом численность отдела кадров составляет всего 6 человек, т.е. каждый сотрудник ведёт почти 600 личных дел. Каждый день приходится формировать приказы, выдавать справки, контролировать приближение сроков окончания трудовых договоров и дополнительных соглашений и выполнять много других операций. Естественно, выполнять такой объём работы без современных средств автоматизации и учёта практически невозможно.

1. ОСНОВНЫЕ НЕДОСТАТКИ РАННЕЕ ИСПОЛЬЗОВАВШЕЙСЯ СИСТЕМЫ УЧЁТА СОТРУДНИКОВ

Действовавшая до октября 2015 г. система кадрового учёта МЭИ была разработана в 1995—1997 годах. Она была реализована в архитектуре «толстого» клиента с SQL базой данных. Система предоставляла следующие функции:

- ведение анкеты сотрудника с набором текстовых полей;
- формирование текста приказа по шаблону;
- подготовка фиксированного количества отчетных форм;
- многокритериальный поиск с конкатенацией условий по фиксированному набору полей.

При этом в системе отсутствуют такие возможности как:

- подсчёт стажа работы сотрудника;
- хранение истории изменений анкеты сотрудника;
- хранение более одной учёной степени и звания сотрудника;
- хранение информации о социальных льготах сотрудника и документах, их подтверждающих;
- разграничение полномочий пользователей;

- хранение архива приказов на сотрудников;
- использование привязки адресной информации к общероссийским классификаторам;
- хранение информации об отпусках сотрудника;
- использование штатного расписания;
- согласование приказов в виде электронных документов;
- хранение подробной информации о подразделениях университета и их иерархии.

2. КЛЮЧЕВЫЕ ОСОБЕННОСТИ НОВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «КАДРЫ»

Проанализировав современные системы кадрового учёта от 1С и SAP, нами было принято решение о разработке собственной системы в связи с тем, что:

- адаптация систем 1С или SAP — это продолжительный и трудоёмкий процесс, требующий специалистов достаточно узкой квалификации. Коллектив не обладает компетенциями, необходимыми для быстрой настройки этих систем;
- стоимость внедрения с учётом настройки с нуля штатного расписания (а оно дробится по штатам, категориям штатов и источникам финансирования) и шаблонов приказов (в университете используются приказы в так называемой «свободной форме», а не по формам ОКУД) получается весьма существенной;
- производители этих систем накладывают ограничения на изменения и доработку (серьёзные пользовательские изменения могут быть утрачены при обновлении версии системы)

Разработанная система кадрового учёта НИУ «МЭИ» (ИС КАДРЫ) опирается на двадцатилетний опыт эксплуатации предыдущей системы и наработки флагманов отрасли ИТ-решений для кадрового учёта. Она включила в себя такие возможности как:

- хранение произвольного количества документов любого типа для сотрудников и привязка их к учёной степени, званию, образованию, социальным льготам и т.д.;
- хранение сведений о повышении квалификации, наградах, поощрениях, взысканиях и т.д.;
- управление штатным расписанием;
- хранение данных об отпусках сотрудников;
- хранение архива приказов;
- разграничение полномочий пользователей;

- поддержка журнала изменений данных (фиксации действий пользователей) в ИС КАДРЫ;

- и многое другое.

По сравнению с предыдущей версией в системе использовано большое количество общероссийских классификаторов. Это делает данные, хранящиеся в системе, более универсальными и упрощает процесс периодической отчётности перед различными ведомствами. Среди применяемых классификаторов:

- федеральная информационная адресная система (ФИАС);

- общероссийский классификатор специальностей по образованию (ОКСО);

- общероссийский классификатор информации о населении (ОКИН);

- общероссийский классификатор профессий рабочих, должностей служащих и тарифных разрядов (ОКПДТР).

Работа с ФИАС выделена в отдельный модуль, поддерживающий поиск, сопоставление и предоставление дополнительной информации об адресных объектах (например, индекс, ОКАТО и др.). Адрес в системе хранится в виде ссылки на структурированный объект, что позволяет использовать данные из ФИАС при построении отчётов.

В новой системе реализовано множество утверждённых по ОКУД форм: Т2, Т4, Т7, Т9 и др., для которых можно генерировать документы соответствующего образца, а в случае с Т7 (используется для предоставления подразделениями информации о планируемых отпусках сотрудников) — подготавливать форму для ручного заполнения и впоследствии импортировать данные в систему.

Поддерживается генерация справок с автоматическим занесением информации о них в электронный журнал регистрации.

Доступ к данным о сотруднике осуществляется через браузер личности, который агрегирует в себе всю имеющуюся в системе информацию о конкретном человеке. Информация разделена на несколько категорий: общая, адреса, документы, образование, учёные степени и звания, владение иностранными языками, контакты, социальные льготы, поощрения/взыскания, члены семьи, отношение к воинской обязанности, стаж, профессии, дополнительное образование, приказы. Кроме этого, для сотрудника (отдельная вкладка) содержатся данные по каждой из его работ: основная информация, аттестации, отпуска, трудовые договоры.

Для удобства восприятия данных сотрудниками службы кадрового учёта некоторые детальные данные обрабатываются, и в браузере отображается сводная информация. Например, суммарный

стаж по различным категориям, в том числе стаж работы в МЭИ, и доступное количество дней отпуска.

Управление штатным расписанием происходит в привязке к конкретному подразделению. Каждый элемент штатного расписания хранит информацию о категории штата, источнике финансирования, должности, окладе, предусмотренном количестве ставок, датах ввода и ликвидации элемента штатного расписания и т.д.

На основании привязки к элементу штатного расписания работы сотрудника система осуществляет расчёт количества свободных ставок, т.е. всегда можно автоматически сформировать отчёт об имеющихся вакансиях.

Отдельно стоит отметить подсистему подготовки и обработки приказов, обеспечивающую подготовку приказа, генерацию его текста, согласование и утверждение в информационной системе. Система позволяет задать маршрут, начальной точкой которого будет являться состояние «Создан», а конечной — «Архив». Важнейшей частью системы, которая упрощает работу пользователей, является автоматическое внесение изменений в карточку сотрудника при переводе приказа в архивное состояние.

Кратко всю работу пользователя с системой приказов можно описать следующим образом. На первом этапе пользователю (сотруднику управления кадров) поступает заявление, по которому необходимо издать приказ и актуализировать данные в системе: добавить новую запись, изменить или удалить старую и др. Например, на основании заявления на отпуск сотрудник управления кадров должен подготовить и утвердить соответствующий приказ. Пользователь создаёт приказ по заранее подготовленному шаблону и задаёт необходимые параметры — выбирает сотрудника и заполняет характеристики отпуска. После этого с помощью механизма автоматической генерации приказа он (пользователь) получает готовый текст приказа, который можно отредактировать, сохранить и распечатать для хранения в бумажном варианте. Полученный текст будет доступен в системе на протяжении всего времени её эксплуатации и позволит «поднять» данные в случае необходимости. Кроме этого, система содержит функционал для генерации выписок из приказов, которые необходимо подкладывать в личное дело сотрудника после утверждения приказов.

Наконец, пользователь может перевести приказ в состояние «Архив». При этом переходе все затронутые в ИС данные будут автоматически изменены подобающим образом. Например, в случае обработки приказа на отпуск для сотрудника будут добавлены данные об отпуске (будет создан новый отпуск и привязан к сотруднику).

При обработке приказа на перевод сотрудника для предыдущей работы будет проставлена дата окончания и изменён статус, после чего будет создана новая работа с параметрами, указанными в приказе (ставка, оклад, должность и др.). Это серьёзное достоинство системы, так как нет необходимости вручную вносить все необходимые изменения в базу данных, что требует достаточно глубокого знакомства с моделью предметной области и происходящими в ней процессами. Например, при переводе с одной работы на другую, утверждающему приказ совершенно не обязательно самому пересчитывать количество свободных ставок для предыдущего места работы и обновлять данные о вакансиях – за него это делает система и при временном переводе на другую ставку.

В системе учтены вероятные ошибки при подготовке приказа, поэтому был реализован функционал для возврата. Все автоматически внесённые изменения при утверждении приказа фиксируются и при желании их можно легко отменить.

Гибкость подсистемы приказов и адаптация к изменениям предметной области обеспечивается за счёт шаблонов. Приказ состоит из нескольких параграфов, каждый из которых строится по заранее подготовленному шаблону. Шаблон включает в себя:

- описание параметров, которые должен задать пользователь при добавлении параграфа в приказ;
- описание компонентов текста, на основании которых будет сгенерирован текст параграфа;
- описание порядка актуализации данных в ИС при утверждении приказа;
- множество вспомогательных операций, обеспечивающих инициализацию начальных значений параметров, описание множества доступных для выбора значений, вычисление подстановок, которые должны попасть в текст, проверку введённых данных и многое другое.

Для работы с шаблонами не требуется специального технического образования, однако определённая подготовка необходима. Чтобы внести изменения в генерацию текста приказа или в процесс актуализации данных при утверждении приказа нет необходимости изменять исходный код продукта, т.е. программировать. Для этого следует воспользоваться средством, вносящим изменения в систему приказов – редактором шаблонов.

Помимо прочего, подсистема приказов имеет собственный механизм разграничения прав доступа и редактор маршрутов.

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ И АППАРАТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

ИС КАДРЫ реализована с использованием современных программных средств, которые хо-

рошо зарекомендовали себя в подобных проектах. Системообразующие, инфраструктурные и серверные технологии базируются на Microsoft Windows Server. Эта же платформа обеспечивает идентификацию и аутентификацию пользователей, а также процедуры обеспечения безопасности.

Ядром ИС КАДРЫ является платформа CRM Dynamics 2013, которая адаптирована под целевую предметную область. На серверной части работает операционная система Microsoft Windows Server 2012 R2, система управления базами данных SQL Server 2012 SP 2, веб-сервер IIS 8.0. Дополнительный функционал реализован с применением программных фреймворков WCF, ASP.NET, ASP.NET MVC.

Веб-интерфейс стал стандартом для большинства современных систем, в том числе и информационных, так как позволяет уменьшить аппаратные и программные требования к рабочим местам конечных пользователей, а также упрощает процедуру обновления программного продукта.

ИС КАДРЫ реализована в виде веб-приложения. На клиентской машине задействованы технологии Silverlight 5, HTML/CSS/Javascript. Требования к рабочим местам невысоки, необходимо лишь наличие Windows 7 (и выше) и любого современного браузера.

Система содержит большое количество статистических отчётов, реализованных с применением MS Reporting Services. Кроме этого, ИС КАДРЫ использует компоненты платформы Microsoft Office – Word и Excel.

Что касается требований к аппаратным характеристикам компьютеров, то для клиентских рабочих мест они невысоки и должны обеспечивать работу операционной системы. Для 64-разрядной системы требования следующие: процессор с тактовой частотой 1 ГГц, 2 ГБ ОЗУ и 20 ГБ HDD. Серверная часть работает на нескольких машинах. В основном используются процессоры с частотой 3 ГГц, 8 ГБ ОЗУ и 200 ГБ HDD. Серверные машины являются виртуальными и, в случае необходимости, достаточно легко могут быть модифицированы.

4. ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ В НИУ «МЭИ»

Прототип системы был продемонстрирован пользователям в 2014 году.

В ходе подготовки были охвачены представители кадрового отдела, планово-финансового управления, бухгалтерии.

В процессе демонстраций системы, обсуждений и курса обучения потенциальные пользователи системы высказывали свои пожелания, обращали внимание на ошибки и недоработки. Все обращения были зафиксированы, проанализированы и учтены при дальнейшей доработке системы.

Переход на новую ИС КАДРЫ в НИУ «МЭИ» начался в октябре 2015 года. Важной составляющей ввода системы в эксплуатацию, которая заменяет старую, является перенос данных, хранящихся в предыдущей системе. И тут стоит отметить, что все данные, содержащиеся в старой ИС КАДРЫ, были перенесены в полном объёме. Кроме этого, были задействованы дополнительные источники для заполнения ранее отсутствующих объектов в модели предметной области (например, данные по фактически отгулянным отпускам были выгружены из системы бухгалтерского учёта). Также были реализованы механизмы периодического импорта/экспорта данных для интеграции с уже функционирующими системами.

На данный момент пользователи активно работают в новой системе. За первый месяц эксплуатации, в системе:

- было подготовлено и утверждено 208 приказов, т.е. около 10 приказов в день [для перехода на новую систему был выбран месяц октябрь — самый «спокойный месяц» в работе управления кадров; основной объём приказов приходится на начало (приём) и конец (увольнение) учебного года, весну (выборы, конкурсы), зиму (отпуска)];
- было сформировано 38 новых анкет сотрудников;
- 106 действующих сотрудников переведены с одной должности на другую должность;
- 30 человек из числа ранее уволенных были приняты на работу повторно, при этом были ис-

пользованы сохранённые в архиве анкетные данные и табельные номера.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Используемая платформа и инструментарий реализации ИС КАДРЫ поддерживают динамику кадрового учёта. Часть рассмотренных программных продуктов используются в составе КИС ВУЗ (МЭИ) и могут выступать как отдельные системы (автономные модули). Планируется расширение системы с целью охвата новых бизнес-процессов, имеющих место в НИУ «МЭИ», и полный переход на электронную обработку данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Крепков И.М., Овсянникова М.Р., Петров С.А.** Концепция корпоративных информационных систем МЭИ на основе критериев комплексности, системности, единства технологической платформы // Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования» — ИНФОРИНО—2014». М.: Издательский дом МЭИ, 2014. С. 79—82.
2. **Петров С.А., Баранов И.В., Хорев П.Б., Краюшкин В.В.** Построение информационной системы вуза // Тезисы докладов 20 МНТК «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика». М.: Издательский дом МЭИ, 2014. Т. 2. С. 53.
3. **Опыт** разработки информационной системы вуза на платформе Microsoft: сборник научных трудов по материалам МНПК «Наука и образование в жизни современного общества» / М.Г. Акашкина, И.В. Баранов, Н.А. Егорова и др. Изд-во ТРОО «Бизнес—Наука—Общество», 2012. С. 10—16.

S.A. Petrov, I.M. Krepkov, A.B. Fedorov, M.R. Ovsyannikova

PetrovSA@mpei.ru; KreprovIM@mpei.ru; FedorovAB@mpei.ru; OvsyannikovaMR@mpei.ru
National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

AUTOMATION OF HR ACCOUNTING AS PART OF UNIVERSITY MANAGEMENT AUTOMATION

SUMMARY

The report is devoted to the experience in the development and implementation of the automation of HR accounting in National Research University «Moscow Power Engineering Institute» as part of the automation of university management.

ИНТЕРАКТИВНЫЕ ИЛЛЮСТРАЦИИ ДЛЯ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

АННОТАЦИЯ

В докладе обсуждаются интерактивные иллюстрации для методов и способов решения линейных дифференциальных уравнений. В каждой программе генерируются уравнения и выводятся их решения со всеми промежуточными действиями с добавлением по одному символу при каждом нажатии заранее выбранной клавиши. Такие программы в полной мере моделируют процесс написания символов на аудиторной доске и могут быть использованы при чтении лекций и проведении семинаров.

ВВЕДЕНИЕ

При чтении лекций по математическим дисциплинам возникает необходимость проиллюстрировать теоретический материал практической задачей. Часто решение таких задач требует от преподавателя значительных затрат, поскольку приходится несколько раз заполнять и стирать аудиторную доску. В этой связи интерактивные иллюстрации, в которых моделируется процесс написания формул на доске [1], значительно упрощают изложение материала. Для каждой задачи строится эталонное решение в виде массива строк с управляющими символами. В итоге для строки однозначно следует её графическое представление с полной информацией о символах. Данный подход является общим для любой задачи [2], и наиболее просто программируется на языке Java [3]. В докладе обсуждаются интерактивные компьютерные программы, реализующие решение линейных дифференциальных уравнений с помощью различных методов.

1. МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ПЕРВОГО ПОРЯДКА

В предлагаемой иллюстрирующей программе реализованы решения для следующих дифференциальных уравнений:

$$y' = y \frac{f'(x)}{f(x)} + g(x)f(x); \quad y' = -y \frac{f'(x)}{f(x)} + \frac{g(x)}{f(x)}.$$

Причём интегралы для функции $g(x)$ должны сводиться к табличным интегралам. Для линейных уравнений первого порядка существуют два метода решения: метод Лагранжа, основанный на вариации произвольной постоянной, и метод Бернулли—Фурье, сводящий исходное уравнение с помощью произведения двух функций к двум уравнениям с разделяющимися переменными.

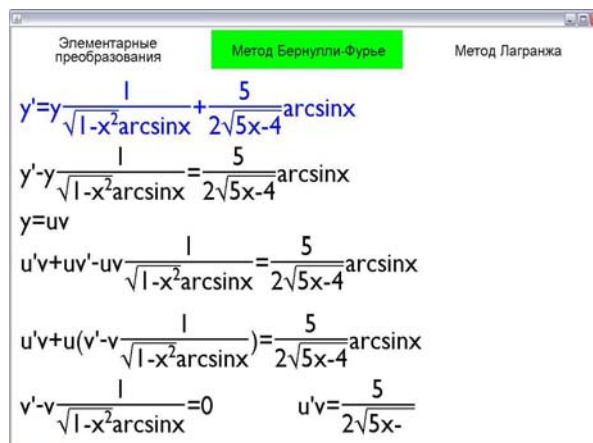


Рис. 1. Иллюстрация метода Бернулли—Фурье

На рис. 1 выведено промежуточное состояние программы, когда введением двух функций u и v первое из двух дифференциальных уравнений расщепляется на два уравнения. При использовании метода Лагранжа исходное уравнение также сводится к двум дифференциальным уравнениям с разделяющимися переменными. Однако существует более простое решение дифференциального уравнения. Действительно, первое слагаемое правой части можно объединить с производной неизвестной функции и образовать для функций u и $f(x)$ производную частного или производную произведения. В итоге получается одно дифференциальное уравнение с разделяющимися переменными. Исходное уравнение может быть произвольным, но программа допускает возможность решать его тремя способами.

2. МЕТОД ЛАГРАНЖА ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА

Если линейное дифференциальное уравнение не имеет специальную правую часть, то оно решается методом Лагранжа. В предложенной интерактивной иллюстрирующей программе приводится подробное решение данного дифференциального уравнения с посимвольным выводом его на экран. Уравнение может иметь девять видов различных правых частей и три вида частных решений для однородного уравнения.

На рис. 2 приведено окно программы, когда найдены частные решения однородного уравнения, записана форма общего решения уравнения, записана система линейных алгебраических урав-

Рис. 2. Иллюстрация метода Лагранжа

нений для нахождения производных функций, входящих в форму решения, и приведены формулы для их нахождения. В ходе решения программа производит перекомпоновку формул с удалением тех, которые уже не нужны. Щелчком мыши по рамке с исходным уравнением можно сгенерировать любое другое уравнение и вывести его решение, добавляя по одному символу при каждом нажатии клавиши.

3. РЕШЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ ОДНОРОДНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ПОСТОЯННЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ

Дифференциальному уравнению третьего порядка соответствует кубическое характеристическое уравнение. При решении кубического уравнения возможны четыре варианта корней, а следовательно, четыре варианта общего решения дифференциального уравнения. Кубическое уравнение всегда имеет один действительный корень, который находится путём подбора. В многочлен третьего порядка последовательно подставляются целые значения независимой переменной от -5 до 5 , пока многочлен не обратится в 0 .

На рис. 3 приведена заключительная часть решения, когда из кубического уравнения выделяется квадратное уравнение, из которого нахо-

Рис. 3. Иллюстрация процесса нахождения корней характеристического уравнения

дятся второй и третий корни кубического уравнения. Далее записывается общее решение однородного дифференциального уравнения. Щелчком мыши по рамке с исходным уравнением можно сгенерировать другое уравнение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стандартные математические задачи хорошо формализованы: для них существуют методы или способы решения, каждому из которых можно поставить в соответствие алгоритм компьютерной программы. В докладе рассмотрены три таких программы, которые связаны с решениями линейных дифференциальных уравнений. Использование подобных программ на лекциях значительно облегчает работу преподавателю.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов А.А. Программирование на языке Java приложений для сопровождения и иллюстрации лекций // «Информатизация инженерного образования ИНФОРИНО—2014»: Труды международной научно-практической конференции. М.: Издательский дом МЭИ, 2014. С. 121—122.
2. Попов А.А. Методика программирования на языке Java тренажёров по математике с посимвольным контролем аналитических преобразований // Программная инженерия. 2012. № 8. С. 38—43.
3. Ноутон Н., Шилдт Г. Java 2. СПб.: БХВ-Петербург, 2003.

L.V. Petukhova, A.A. Popov, A.V. Sidorova, I.A. Yakimov

lusia-pet@mail.ru, apopov@vvoi.ru, sid_ann_vik@mail.ru, the.bep@yandex.ru
Mary State University, Yoshkar-Ola

INTERACTIVE ILLUSTRATIONS FOR METHODS OF THE SOLUTION OF THE LINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS

SUMMARY

In the report interactive illustrations for methods and ways of the solution of the linear differential equations are discussed. In each program the equations are generated and their decisions with all intermediate actions with addition on one symbol by each pressing of in advance chosen key are output. Such programs fully model process of writing of symbols on a classroom board and can be used when lecturing and holding seminars.

ГЕОМЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИОННЫЕ ЗНАКИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОНИЧЕСКОГО АППАРАТА ОТОБРАЖЕНИЯ

АННОТАЦИЯ

Геометрографические проекционные знаки при использовании конического аппарата отображения рассматриваются в качестве центральных монопроекций, вполне соответствующих семиотическому исследованию и систематизации.

Любой геометрографический знак и их лексические композиции связаны типовыми алгоритмами моделирования в аспектах синтактики, семантики и прагматики. Лексемы и фразеология геометрографических предложений, фраз, проектов и т.д. предназначены в соответствующую документацию: архитектурно-строительного проектирования, дизайна, прикладного художественного творчества.

ВВЕДЕНИЕ

«Центральная монопроекция» достаточно точное наименование, по существу, для некоторого множества геометрографических изображений, получивших «хождение» в эпоху итальянского Ренессанса и позже на территории просвещённой Европы. Тогда (рис. 1), например, рассматривая объект через вспомогательную рамку с сеткой, «строили» некоторую копию визирования на плоскость, поверхность изображения.

Для такой плоскости заранее была подготовлена аналогичная графическая сетка. Таким образом, параллельно с чисто художественным творчеством, возникла его (рис. 2) методологическая модификация, приобретшая черты ремесленной фабрикации и формального исследования самого явления творчества в данном аспекте [1].

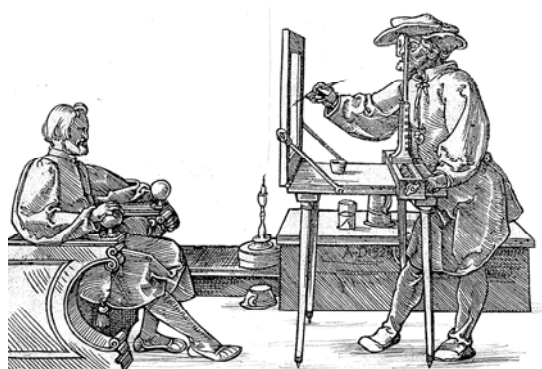


Рис. 1. Метод построения визуальной проекции с использованием фиксированной «точки зрения» и неподвижной «картины». А. Дюрер, 1525 г.

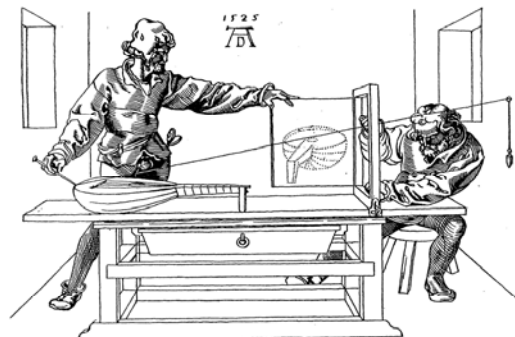


Рис. 2. Метод построения центральной проекции с использованием нити и сетчатой плоскости «картины». А. Дюрер, 1525 г.

Анализируя «новые» изображения многие художники и геометры совершенствовали методологию и способы графического отображения и несколько позже сумели средствами геометрии, исключив вспомогательную сетку, строить «перспективы». При этом центральная монопроекция объекта сопоставлялась с его параллельными ортопроекциями. В конце XVIII в. появился геометрографический алгоритм «перспективно-ортогонально сопряжённого проецирования» (алгоритм ПОС-проекций), позволяющий однозначно моделировать взаимосвязанные изображения: «тройки параллельных ортопроекций» и центральную монопроекцию, — для трёхмерных объектов, существующих и проектируемых, весьма сложных по форме [2].

1. ГРУППЫ ЦЕНТРАЛЬНЫХ МОНОПРОЕКЦИЙ

С позиции семиотики центральные монопроекции можно представить тремя группами стандартизованных изображений на одну избранную плоскость проекций (P), плоскость репера ($0; x; y; z$), например плоскость ($V \equiv 0; x; z$).

Отнесём в первую группу центрально-проекционных знаков те, что могут быть построены на плоскость (V) при определённом условии задания позиций центра пучка (S) и объекта (N) в трёхмерном пространстве, которые, в первую очередь, отображены ортогонально на метрическом эпюре. Главное условие задания таково. Изображённый главный луч пучка перпендикулярен плоскости отображения ($L_d \perp V$). Обратим внимание на то, что признак стандартизации для первой группы знаков соотносится

лишь с геометрическими характеристиками, определяющими природу этих знаков.

Вторая группа знаков включает все вышеназванные данные, но плоскость проекций (V) преобразуется вращением вокруг оси (z) репера в некоторое промежуточное положение, будучи именуемой теперь «плоскостью картины». Центр пучка (S) приобретает свойство «точки зрения», а центральная проекция объекта на «картине» традиционно называется «перспективой».

Третья группа знаков центральной монопроекции характеризуется ещё одним преобразованием вращения картинной плоскости. Здесь повернутая (${}^R V$) получает ещё одно вращение вокруг новой позиции (${}^R X$) или (${}^R Y$). Говоря о преобразованиях картины и её осей, мы подразумеваем преобразование исходной позиции репера. Следует иметь в виду, что заданный объект сохраняет свою позицию постоянно неизменной. Следовательно, можно говорить о паре ротативных преобразований репера при неизменных позициях объекта и геометрических параметров центрально-проекторного аппарата. Примеры одного и двух ротативных преобразований репера приводятся ниже [2, 3].

Здесь центральная монопроекция рассматривается в качестве семиотической геометрографической лексемы — одной из основных единиц языка визуализации — отображения. Для знаков первой группы центральных проекций существенным является подход к созданию «слова» на основе морфологической комбинаторики графических единиц, детерминантов, приводящий к порождению, деривации, новых лексем. Для знаков второй группы характерна структурно-семантическая деривация; знакам третьей группы соответствует функционально-семантическая деривация.

Напомним, что первая группа центральных проекций соотносится с некоторой исходной позицией репера ($0; x; y; z$), и, по существу, такие знаки являются «принципиальными геометрографическими моделями» монопроекций. Для второй группы знаков используются упрощённые понятия о зрительном восприятии объекта, и её знаки-перспективы соответствуют исторически сложившимся построениям, именуемым «проекциями архитекторов». В отношении к третьей группе центральных монопроекций учитывают большее количество параметров и особенностей зрения человека, потому именуются они «проекциями монокулярного зрения» [3, 4].

2. ПРИМЕРЫ ПОСТРОЕНИЯ ПРОЕКЦИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ «ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ МОДЕЛИ» ГЕОМЕТРОГРАФИИ

Поскольку любой геометрографический сюжет при заданных условиях его существования в n -мерном пространстве может быть рассмотрен в

${}^1 R, {}^2 R, {}^3 R \dots$ либо в некоторой композиции преобразования этих пространств, то понятно, что квадратура круга при $\{ {}^3 R \leftrightarrow {}^2 R \}$ изменит свою конфигурацию определённым образом. В свою очередь, проводя сравнение исходной фигуры, например для (${}^2 R$), с её преобразованием, вполне доступно объяснить новую геометрографическую конфигурацию средствами преобразования лишь в планиметрической среде $\{ {}^2 R_2 \leftarrow {}^2 R_1 \}$.

Изложенное соображение, как известно, является аксиоматическим, оно приводится в ряде публикаций [4, 5].

Для изображения центральной проекции объекта будем задавать (S) точку центра лучей отображения, и пользоваться плоскостью репера (V) в качестве плоскости, на которую требуется построить центральную проекцию данного объекта. По существу, плоскость (V) явится секущей плоскостью для связки проекционных прямых, а сечение последней представит искомую центральную проекцию. Добавим, что будем при необходимости пользоваться сдвигом плоскости (V), сохраняя её параллелизм к исходной позиции. Такое преобразование «параллельного сдвига» плоскости отображения допустим для изображения знаков центральной проекции первой группы. Объект остаётся неподвижным.

Рассмотрим позицию центра пучка (S_1) и плоскость отображения ($P_1 \equiv V$) для объекта «квадратура круга» ($0; R = 0; X_R$). Очевидно, что из центра пучка исходят лучи в каждую точку циркуляры и квадратуры. Любой из этих лучей пересекает плоскость отображения ($P_1 \equiv V$). Заметим, что применительно к лучам на циркуляру, их множество представляет коническую поверхность, и плоскость (P_1) сечёт все эти лучи. Вывод напрашивается сам собой. Множество следов этих лучей на плоскости отображения (P_1) являются траекторией (E_1) эллипса, если говорить о бегущей точке (i_R) циркуляры (рис. 3). Подобная геометро-графическая «история» происходит с построением эллипса (E_2) при позиции центра пучка (S_1) и плоскости отображения (P_2) [6, 7].

Положения (S_5) и (P_5) обеспечивают циркуляре параболическую квадрику в плоскости отображения (рис. 4).

В следующем примере — позиция центра связки (S_3) и положение плоскости отображения (P_1). Здесь характерная (рис. 5) точка циркуляры (y_R) с некоторым множеством смежных точек выпадают из действительных точек отображения на (P_1). Но это есть залог того, что прочие действительно отображённые точки представят траекторию гиперболы (H_3).

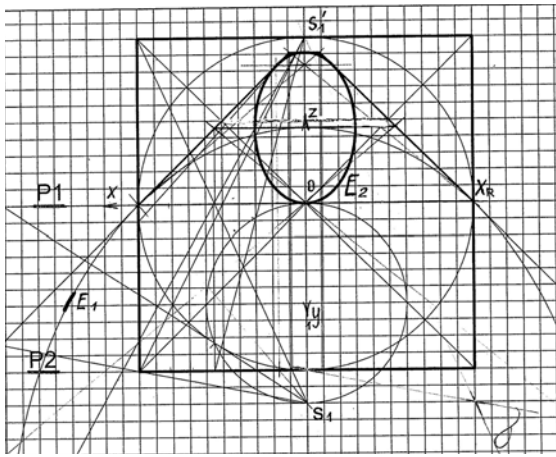


Рис. 3. Геометрография построения центральных проекций циркуляры в квадрате

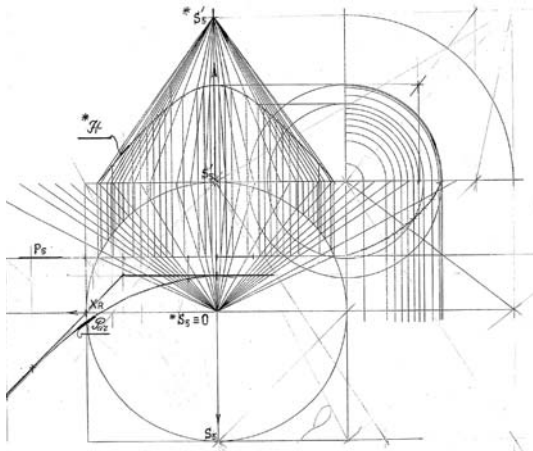


Рис. 4. Парабола и гипербола в качестве центральных проекций циркуляры

И, далее, пример с положениями (S_4) и (P_4) не позволяет построить на плоскость отображения пару характерных точек циркуляры (x_R) и ($-x_R$) вместе с множеством, определяющим «нижнюю» полу дуги. Следовательно, ожидаемая часть её действительных точек на (P_4) [8] формирует также гиперболическую траекторию, в чём, предлагаем убедиться уважаемому читателю самостоятельно. Алгоритм построения бегущей (i) точки циркуляры представлен на чертеже (рис. 5) [9, 10].

Дополним раздел фотографиями (рис. 6, 7) для возможности сравнить геометрографические модели центральных проекций циркуляры, приведённых выше, с аналогом, проекционный геометрический аппарат которого весьма близок по существу к изложенному. Перед зрителем интерьер по проекту здания Сената М.Ф. Казакова, купольной ротонды Екатерининского круглого зала, диаметр которого 24,7 м при высоте 7 м. Очевидно, здесь фотофиксаж: циркуляр круглого стола в центре зала является не эллиптическими квадрами, что объясняется взаимными позициями аппаратного оптического центра и плоскости фоторецепции для данного «снимка».

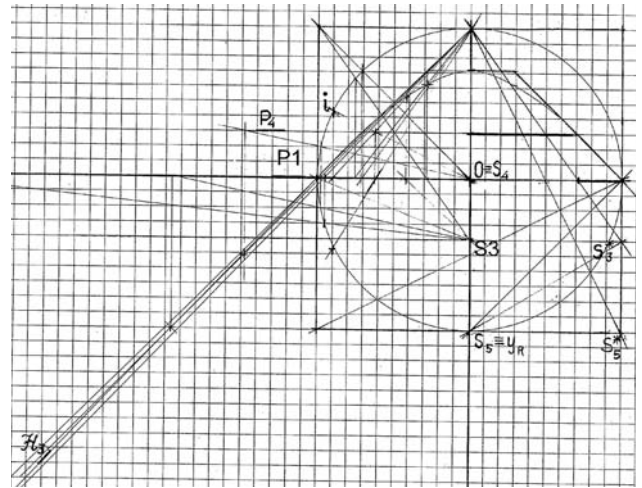


Рис. 5. Гипербола (H_3) в качестве возможной центральной проекции циркуляры



Рис. 6. Внешний вид здания Сената по проекту М.Ф. Казакова



Рис. 7. Фотофиксаж круглого стола заседаний в Екатерининском зале, контуры которого не соответствуют эллиптической модели и циркуляре

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В итоге следует констатировать, что рассмотренные геометрографические модели центрально проекционных знаков вполне соответствуют семиотической систематизации.

Подобные явления в различных многообразиях деятельности и продуктивности общества способствуют установлению качеств языковой и математической формализации, переходящих в условиях технической революции к автоматическому воспроизведению и восприятию.

Следовательно, названные геометрографические знаки, исследуемые в аспекте семиотики, будут ещё более актуальны в режимах полуавтоматического и дальнейшего автоматического использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Архимед Гюгенс, Лежандр Ламберт.** О квадратуре круга. С приложением истории вопроса составленной Ф. Рудио: пер. с нем. Ф. Рудио. М: Едиториал УРСС, 2003. 239 с.
2. **Борисова А.Ю., Полежаев Ю.О.** Геометрография ортопрямых, моделирующих кривизну некоторых линий, связанных преобразованиями // Вестник МГСУ. 2011. № 8. С. 467—471.
3. **Сапрыкина Н.А.** Основы динамического формообразования в архитектуре. М.: Архитектура – С, 2005.
4. **Полежаев Ю.О.** Геометрографическое моделирование в архитектурно-строительном проектировании с использованием гармонических свойств. Монография. М.: Изд. МГСУ, 2012.
5. **Вольберг О.А.** Основные идеи проективной геометрии. М., URSS, 2009.
6. **Полежаев Ю.О., Борисова А.Ю.** К вопросу о линейных вариациях моделирования свойств эллиптичности. Вестник МГСУ. 2012. № 8. С. 34—38.
7. **Полежаев Ю.О., Борисова А.Ю., Борисова В.А.** Геометрические модели квадратично-прямоугольных множеств с частными примерами композиционных решений // Вестник МГСУ. 2014. № 9. С. 161—167.
8. **Гильберт Д. и Кон-Фоссен С.** Наглядная геометрия — Изд. 5-е. М: Едиториал УРСС, 2010. 344 с.
9. **Клейн Ф.** Неевклидова геометрия. М-Л.: ГГТИ, 1936.
10. **Пойа Д.** Математическое открытие. Решение задач: основные понятия, изучение и преподавание: пер. с англ. / под ред. И.М. Яглома. — Изд. 3-е. М.: Наука. 2010. 448 с.

Y.O. Polezhaev, A.Y. Borisova, N.A. Ivanov

grafika@mgsu.ru
NIU MGSU, Moscow

PROJECTIVE GEOMETRY GRAPHIC SIGNS OF THE USE OF SPACE VEHICLE DISPLAY

SUMMARY

Geometrograficheskie flat signs when using conical display apparatus regarded as the central mono-proektsy quite relevant semiotic and systematic research.

Any sign geometrograficheskoy lexical composition and related types of modeling algorithms in the aspects of syntactic, semantic and pragmatic. Tokens and phraseology geometrograficheskikh sentences, phrases, projects, etc. intended in the respective documentation: architectural design, design, art and crafts.

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КОМПОЗИЦИОННЫХ СВОЙСТВ КВАДРИК

АННОТАЦИЯ

В работе исследуются взаимные свойства линейных фигур, длин их отрезков и площадей. В качестве объектов представлены квадратики в плоскости Декарта. Методом их отображения является геометрическое моделирование. Исследуемые геометрографические композиции содержат по три изображения тех или иных квадратики. Построенные композиции или их фрагменты предлагаются к использованию для решения различных задач в архитектурно-строительном проектировании. Данная тематика вполне доступна и необходима для аспирантов и студентов высших учебных заведений инженерно-технического профиля и её практического приложения в прикладном декоративном искусстве.

ВВЕДЕНИЕ

Возрастающая необходимость строительства в городах жилых зданий, как известно, приводит к типизации их проектов и упрощению архитектурных решений. В свою очередь возникает необходимость использования минимальных сроков и возможностей зодчества, чтобы привести к уравнению результат строительного конвейера с допустимым качеством эстетики предлагаемого жилья. В связи с этим роль минимальных архитектурных форм в проектировании становится всё более актуальной. Возникает необходимость дальнейших исследований методологии создания схем и композиций с использованием геометрических образов. Наиболее эффектными среди них являются кривые второго порядка, и это подтверждает вся история развития ваяния и зодчества.

1. ИССЛЕДУЕМЫЕ КВАДРИКИ

Эллиптизм сжатия может быть смоделирован на исходном изображении квадратуры круга. В этом случае геометрографический алгоритм эллиптизма сжатия представляет собой циркуляру и производный от нее эллипс, обладающие разными величинами малых осей ($2b = 2R$) и ($2be$), где ($2R2be = hp$) есть полоса сжатия (рис. 1)

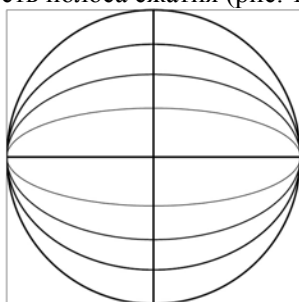


Рис. 1. Эллиптизм сжатия

Эллиптизм, порождённый свойствами метрического эпюра ($o; x; y; z$), на котором задана плоскость (P) общего положения определяется ниже следующими построениями (рис. 2).

Зададим плоскость (P) следами ($PH; PV; PW$). Проведём перпендикуляр из точки (O) к следу плоскости ($xp; y1; pw$). Из найденной точки (A) восстановим перпендикуляр до оси (x) и фиксируем точку (B). Далее, соединим её с пересечением плоскости осью (z) и получим точку (Zw). Проведём перпендикуляр к прямой (AO). Построим дугу ($O; R$), где $R = (O; Zw)$, до пересечения с прямой (a). Проведём циркуляр ($O; AO$). К ней построим касательную (b), перпендикулярную (OA), затем произвольно проведём прямую (AD). Из точки (D) опустим перпендикуляр на прямую (a) и получим точку (E), затем соединим (E) с точкой (A). Найдём пересечение прямой (AD) с циркуляром ($O; OA$). Данное пересечение будет точкой искомого эллипса.

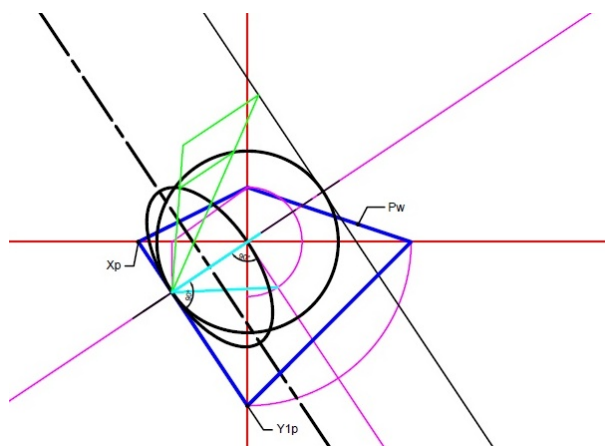


Рис. 2. Эллиптизм, порождённый свойствами метрического эпюра

Параболический эллиптизм может быть представлен следующим алгоритмом. Композиция на основе параболизма будет базироваться на структуре ряда радикалов (рис.3), расположенных в репере ($o; x; y$). На изображении показано также положение дополнительной косоугольной метрической системы, начало которой совмещено с позицией ($1;0$) декартовых координат. Отрицательные направления дополнительных осей соответствуют отрезкам: для одной ($1; 0$); ($0; 1$) и ($1; 0$); ($0,5; 0$) для другой оси. Подробнее о названных метрических системах, а также их применении приводятся материалы в публикациях [1]. В данном случае рассмотрим сначала ряд циркуляр, множество которых при изменении радиусов вырождается в точку ($1; 0$) и затем вновь приобретает

ет действительные величины. Бегущая циркуляра сначала задаётся произвольно избранной точкой (x_i) на декартовой оси. Далее следует построение линии ординат до косоугольной оси ($2l$) в её точку ($2i$). Затем на оси (x) радиусом ($x_i; 2i$) фиксируется позиция точки ($0x_i$) в качестве нового центра для радиуса ($0x; 0$). Последний, в пересечении с названной линией ординат, определяет точку параболы (pi), а также содержит диаметр циркуляры ($x_i; 2i$), которая является «бегущей» для соответствующей последовательности. Заметим, «бегущий» радиус ($0x; 0$) всегда проходит через начало (0) Декарта, порождая семейство циркуляры, определяющих точки параболы [2, 3].

Фигуры эллиптизма проявляются в ряде единых радикалов всякий раз, когда определяется упомянутый диаметр ($x_i; 2i$), который отсекает на срединной линии абсцисс ряда отрезок ($2a$) соответственного эллипса. Естественно, что малая ось ($2b$) равна высоте ряда. Для компактности и выразительности диаметры ещё одного массива циркуляр ($x_i; pi$) и малые оси эллипса совмещены с декартовой осью (y) на изображении (рис. 3).

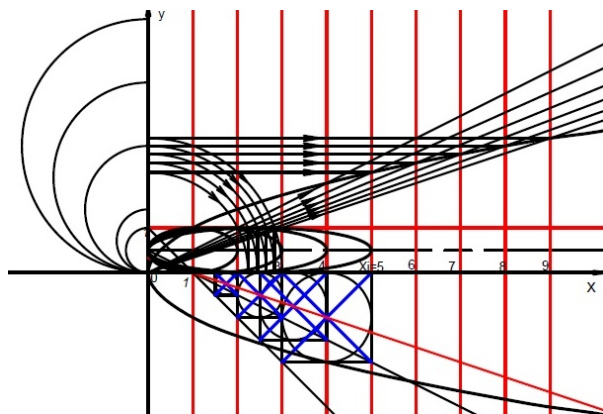


Рис. 3. Композиция на основе параболизма

Y.O. Polejaev, S.V. Semenyutenko, E.S. Bukharova

msiw2@mail.ru; beatlomanka97@gmail.com
NIU MGSU, Moscow

GEOMETRIC MODELS OF COMPOSITE PROPERTIES OF QUADRICS

SUMMARY

The paper studies mutual characteristics of linear figures, lengths of their segments, and areas. Quadrics in Cartesian surfaces, are presented as objects, the method to map them being geometric simulation. Each of geometrographical compositions under consideration incorporate three images of particular quadrics. Both the resulting compositions, and their fragments are proposed to be used to tackle various problems in civil and architectural engineering. The subject in question proves entirely necessary and accessible for engineering and technical high-school and post-graduate students. Moreover, its arts-and-crafts application may also come efficient and useful.

Таким образом, во всех случаях моделирования имели место геометрические композиции триад квадрик, достаточно разнообразно выражающих некоторую общую сущность [4].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изложенное позволяет констатировать разнообразие моделирования квадриками изображений эллиптизма, иными словами, представляет палитру, содержащую достаточно широкий выбор для использования тех или иных нюансов выразительности. Кроме того, названное многообразие моделирования позволяет оптимизировать творческую выразительность геометрических решений выбором из вариационных проб. В практике архитектурно-строительного проектирования заявленная тема имеет и спрос, и предложение, и положительные результаты. Данная тематика вполне доступна и необходима для аспирантов и студентов высших учебных заведений инженерно-технического профиля; кроме того, её практическое приложение в прикладном декоративном искусстве также может быть эффективным и полезным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Полежаев Ю.О.** Геометрографическое моделирование в архитектурно-строительном проектировании с использованием гармонических свойств. Монография. М.: Издательство МГСУ, 2012.
2. **Полежаев Ю.О., Борисова А.Ю.** К вопросу о линейных вариациях моделирования свойств эллиптичности // Вестник МГСУ. 2012. № 8. С. 34—38.
3. **Полежаев Ю.О., Фаткуллина А.А., Борисова А.Ю.** Геометрические модели сопряжений квадрик на фрагментах архитектурных объектов // Вестник МГСУ. 2012. № 9. С. 18—23.
4. **Кондратьева Т.М., Полежаев Ю.О.** Частные вопросы геометрографии применительно к системе «ПолеМ» и квадратуре круга // Вестник МГСУ. 2007. № 1. С. 73—77.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОТЛОВ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящен проблемам реализации компетенций для научно-исследовательской деятельности выпускников по направлению подготовки магистратуры 13.04.03 «Энергетическое машиностроение» при выполнении расчётных заданий в курсе «Методы защиты окружающей среды», а также перспективам использования программного комплекса для исследования влияния режимных и конструктивных параметров энергетических и водогрейных котлов на выбросы вредных веществ в уходящих газах.

ВВЕДЕНИЕ

Объектами профессиональной деятельности выпускников программ магистратуры по направлению 13.04.03 «Энергетическое машиностроение» являются различные энергетические установки. Среди видов профессиональной деятельности, к которым готовятся выпускники этих программ, особое место занимает научно-исследовательская деятельность.

В данной работе рассматривается опыт приобретения общепрофессиональных и профессиональных компетенций в рамках изучения дисциплины «Методы защиты окружающей среды» магистерской программы «Энергетические установки на органическом и ядерном топливе», показан новый подход к формированию у выпускников следующих компетенций:

- способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы;
- способность использовать знания теоретических и экспериментальных методов научных исследований, принципов организации научно-исследовательской деятельности;
- способность составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ»

Введённый в 2015 г. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (ФГОС ВО) магистерской подготовки по направлению 13.04.03 «Энергетическое машиностроение» [1] устанавливает, что область профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу магистратуры, включает, в частности, формирование практических навыков выбора методов экологически чистого сжигания

топлива и технологий очистки дымовых газов на тепловых электрических станциях и в котельных для снижения загрязнения окружающей среды.

Освоение методик расчётов вредных выбросов в уходящих газах энергетических и водогрейных котлов раньше заключалось в изучении методических указаний и выполнении «вручную» одного варианта расчёта. Существенным недостатком такого подхода являлась невозможность оценить влияния различных конструктивных и режимных параметров на выбросы вредных веществ в уходящих газах котла, следовательно, отсутствовало понимание взаимосвязи технических и проектных решений с технико-экономическими и экологическими показателями работы оборудования.

С принятием нового ФГОС ВО появилась необходимость изменить подход к изучению дисциплины «Методы защиты окружающей среды», в частности к выполнению типового расчёта в рамках данной дисциплины путём использования современных информационных технологий при проектировании.

Современный подход заключается в использовании программного комплекса, который позволит в сжатые сроки провести большое количество расчётов, более корректно разработать мероприятия по снижению вредных выбросов до нормативных значений, что уменьшит время и повысит качество разработки нового экологически чистого и реконструкции действующего котельного оборудования. Для выполнения вариантных расчётов студенту необходимо использовать исходные данные, полученные при выполнении курсового проекта по дисциплине «Паровые котлы», а также теоретические и практические знания и справочную литературу для выбора необходимых параметров.

2. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗОВАННОГО ПОДХОДА

В настоящее время для расчёта вредных выбросов ТЭС используются несколько утвержденных методик:

1) РД 34.02.304—95 «Методические указания по расчёту выбросов оксидов азота с дымовыми газами котлов тепловых электростанций»;

2) РД 153-34.1-02.316—99 «Методика расчёта выбросов бенз(а)пирена в атмосферу паровыми котлами электростанций»;

3) РД 34.02.305—98 «Методика определения валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок ТЭС»;

4) СО 153-34.02.304—2003 «Методические указания по расчёту выбросов оксидов азота с дымовыми газами котлов тепловых электростанций».

В процессе разработки нового оборудования, а также проектов реконструкции и модернизации действующих котлов необходимо выполнять большое количество инвариантных расчётов по оценке снижения вредных выбросов и эффективности пыле- и газоочистки. Для этого необходимы квалифицированные специалисты в области воздухоохраных мероприятий. Однако использование данных методик «вручную» неудобно и затратно с точки зрения времени. Это относится и к студентам, которые в рамках изучения специальных курсов и подготовки выпускных квалификационных работ часто выполняют варианты расчётов с применением указанных методик для разработки экологически чистых котельных установок.

В этой связи задачей данной работы являлось создание программного комплекса (ПК), объединяющего все существующие в настоящее время методики для расчёта выбросов оксидов азота (NO_x), оксидов серы (SO_x), монооксида углерода (CO), бенз(а)пирена ($\text{C}_{20}\text{H}_{12}$) и твёрдых веществ в атмосферу с уходящими газами котлов в зависимости от вида сжигаемого топлива, конструктивных и режимных параметров с целью повышения эффективности использования действующих расчётных методик как при выполнении проектных работ, так и в учебном процессе.

В процессе выполнения работы были определены следующие основные требования к создаваемому программному комплексу:

- унификация под систему Windows;
- дружелюбный и логически понятный интерфейс;
- система подсказок и ограничений при вводе исходных данных (так как методики имеют ограничения по использованию);
- база данных (БД) для сохранения результатов вариантных расчётов;
- сохранение основных исходных данных (ИД) при выполнении инвариантных расчётов для удобства работы пользователя и экономии времени;
- представление результатов в удобном табличном и графическом видах;
- наглядность ввода исходных данных и вывода результатов;
- защита от некорректного воздействия пользователя.

3. ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РАСЧЁТА ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОТЛОВ

С учётом вышеперечисленных требований был разработан программный комплекс «Программа расчёта вредных выбросов в атмосферу с дымовыми газами котлов», или сокращенно ПК «ENPOL-2015» (ENvironmental POLLution). Вид стартового окна программного комплекса «ENPOL-2015» представлен на рис. 1.



Рис. 1. Стартовое окно ПК «ENPOL-2015»

Данный программный комплекс имеет следующие возможности:

1) одновременно для всех вредных примесей (NO_x , SO_x , CO, бенз(а)пирен Б(а)П, твёрдых частиц) рассчитывать:

- концентрации (C_i , г/м^3);
- массовые (M_i , г/с) и удельные (K_i , г/МДж) выбросы;

2) определять частные (Π_i) и суммарные показатели ($\Sigma\Pi$) вредности продуктов сгорания [2];

3) сравнивать расчётные значения выбросов с их техническими нормативами по стандарту ГОСТ Р 50831—95 [3] в зависимости от конкретных условий.

Расчёты вредных выбросов проводятся в зависимости от большого количества конструктивных, режимных и других параметров и характеристик. Поэтому для удобства ввода всех исходных данных был разработан удобный интерфейс, примеры которого приведены на рис. 2 и 3.

Разработанный ПК «ENPOL-2015» даёт возможность выполнять расчёты как для паровых, так и для водогрейных котлов.

ПК «Программа расчёта вредных выбросов в атмосферу с дымовыми газами котлов» реализован на современном языке программирования C++ с использованием GCC-компилятора для компиляции кода в исполняемый файл, кроссплатформенной свободной среды для быстрого создания пользовательского интерфейса QtDesigner и интегри-

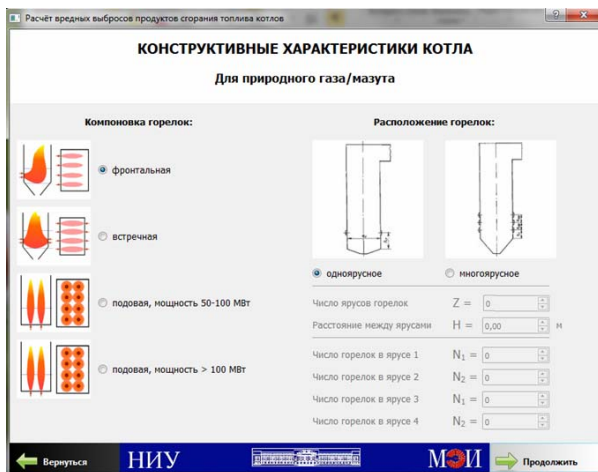


Рис. 2. Пример ввода конструктивных данных



Рис. 3. Пример ввода параметров воздухоохраных мероприятий

ровой среды разработки (IDE) для сборки и запуска приложений QtCreator. Программный комплекс «ENPOL-2015» работает под управлением ОС серии «WINDOWS-2000», «WINDOWS-XP», «WINDOWS-VISTA», «WINDOWS-7», «WINDOWS-8».

Требования к системе — Windows любой (32- или 64-битной) версии, аппаратные требования — в пределах того, что требуется Windows. Общий объём приложения — 184 Мб.

Интерфейс программы представляет собой таблицы для ввода исходных данных, кнопки переключения между этими таблицами, кнопки для проведения самого расчёта и вывода результатов.

По страницам можно перемещаться в любое время в любом направлении для контроля или изменения исходных данных и выбранных параметров.

Все поля задаваемых числовых параметров имеют ограничение минимального и максимального значения, а также шага изменения значения с помощью кнопок.

Вывод результатов на экран монитора выполняется тремя основными блоками:

первый — отображение вводимых пользователем исходных данных в табличном виде;

второй — вывод таблицы результатов расчётных концентраций вредных веществ (г/м^3), приведённых к стандартным условиям, их массовых (г/с) и удельных (г/МДж) выбросов в сравнении с нормативными значениями по ГОСТ Р 50831—95 (рис. 4), а также частные показатели вредности примесей и суммарный показатель вредности дымовых газов;

третий — вывод гистограмм расчётных концентраций вредных примесей в сравнении с нормативами ГОСТ Р 50831-95, частных показателей вредности примесей и суммарного показателя вредности уходящих газов (рис. 5, 6).

Наименование	NOx	SOx	CO	Т.ч.аэроз.	БП
Концентрация вещества, г/м^3	расчётные: 0.168 по ГОСТ: 0.125	0.000 1.000	0.953 0.300	0.000 1.000	0.000 -
Массовые выбросы, г/с	расчётные: 23.228	0.000	131.998	0.000	0.000
Удельные выбросы, г/МДж	расчётные: 0.062 по ГОСТ: 0.043	0.000 1.000	0.350 0.110	0.000 1.000	0.000 -
Частные показатели вредности	0.007	0.000	0.017	0.000	0.001
Суммарный показатель вредности	0.008				

Рис. 4. Вывод результатов расчёта

После предварительного анализа результатов расчёта пользователь имеет возможность либо закончить работу с программой с сохранением результатов, либо продолжить расчёты, внося коррективы в исходные данные.

Вводимые исходные данные, результаты расчёта и нормативы по ГОСТ Р 50831-95 сохраняются в одном файле под именем [result_text] в формате HTML.



Рис. 5. Гистограмма расчётных концентраций и нормативов ГОСТ Р 50831—95

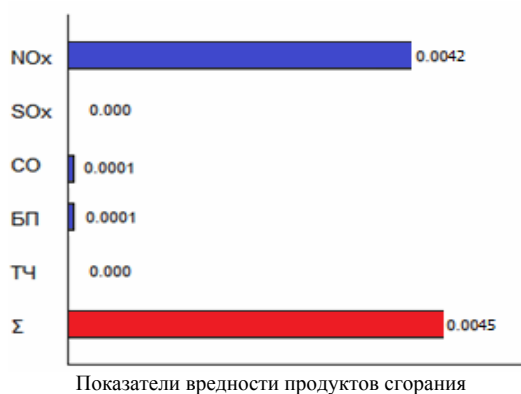


Рис. 6. Гистограмма частных и суммарных показателей вредности продуктов сгорания

Полученные гистограммы сохраняются в одном файле под именем [result_graphics] в формате *.png в папку с командным файлом enpol.exe.

Для отладки и проверки ПК «ENPOL-2015» проводились тестовые расчёты вредных выбросов для различных котлов, результаты которых затем сравнивались с опытными данными по концентрации NO_x в продуктах сгорания для конкретных условий сжигания топлив.

4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Использование данного программного комплекса позволяет разработать эффективные мероприятия по снижению вредных выбросов с учётом вида сжигаемого топлива, конструктивных и режимных характеристик котлов, что повышает качество проектирования экологически чистых котельных установок и разработки проектов их реконструкции и модернизации.

ПК «ENPOL-2015» предполагается использовать:

- в конструкторских бюро, на заводах и в энергетических компаниях для оценки эффективности внедряемых воздухоохраных мероприя-

тий при разработке новых и модернизации действующих котлоагрегатов;

- в технических университетах для использования в специальных курсах по экологии энергетики, при выполнении курсовых проектов и выпускных квалификационных работ;

- в системе повышения квалификации специалистов экологических и наладочных подразделений энергетических предприятий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, реализация описанного подхода к выполнению типового расчёта позволяет сформировать необходимые для научно-исследовательской деятельности профессиональные компетенции.

Разработанный программный комплекс для расчёта вредных выбросов в атмосферу с дымовыми газами котлов [4], объединяет используемые субъектами электроэнергетики «Методические указания по расчёту выбросов оксидов азота с дымовыми газами котлов тепловых электростанций», «Методику расчёта выбросов бенз(а)пирена в атмосферу паровыми котлами электростанций» и «Методику определения валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок ТЭС».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Федеральный** государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение» (уровень магистратуры).
2. **Росляков П.В.** Методы защиты окружающей среды: учебник для вузов М.: Издательский дом МЭИ, 2007. 336 с.
3. **ГОСТ Р 50831—95.** Установки котельные. Тепломеханическое оборудование. Общие технические требования. М.: Изд-во стандартов, 1996. 27 с.
4. **Свидетельство** о государственной регистрации программы для ЭВМ от 23.06.2015 № 2015616798 «Программа расчёта вредных выбросов в атмосферу с дымовыми газами котлов».

P.V. Roslyakov, Y.S. Chudopal

RoslyakovPV@mpei.ru; 79158090225@yandex.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

SOFTWARE COMPLEX FOR ESTIMATE OF BOILER'S EMISSION CHARACTERISTICS

SUMMARY

The report is devoted to problem of realization of competencies for research activity of Master degree graduates in field «Power engineering» under computational tasks performing in the course «Methods of environmental protection», as well as the prospects for the software complex use for research of influence of boilers operational and design parameters on emissions in the flue gases.

ПЛАНИРОВАНИЕ КАК ЭЛЕМЕНТ РАБОТЫ ГРУППЫ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ

АННОТАЦИЯ

В докладе излагается способ построения программы-планировщика для системы управления группой роботов, совместно выполняющих задачи скоординированной сборки. Этот вопрос актуален для учебного процесса студентов, изучающих динамику и управление системой мобильных роботов и роботоманипуляторов. Он важен, в частности, для решения задачи построения плана совместной деятельности группы роботов KUKA youBot.

ВВЕДЕНИЕ

Мобильные роботы и роботы-манипуляторы должны обладать способностью действовать на основании предыдущего опыта, реагировать на сигналы множества датчиков, принимать решения при возникновении непредусмотренных ситуаций. Для успешного выполнения обширного круга задач роботы должны «уметь» планировать свою деятельность, используя бортовую вычислительную систему.

Построение управления группой роботов является одной из главных задач современной робототехники. Для самоорганизации группы роботов на начальном этапе необходим процесс построения порядка действий каждого робота и группы в целом. Для этой цели можно использовать символичный планировщик.

Термин «планирование» означает выбор деятельности, состоящей из множества процессов, связанных с поставленными целями или задачами, а соответственно и с действиями в будущем. Планировщик или даже несколько планировщиков, «вложенных» друг в друга, необходим в любой многозадачной операционной системе для переключения между различными задачами.

Удобно представить план в виде набора элементарных действий, используя символические возможности современных вычислительных систем. Компьютеризация позволяет, как минимум, снизить время выполнения поиска, а в лучшем случае — найти оптимальное решение.

Именно для этого были созданы так называемые языки интеллектуального планирования, которые выразительно описывают широкий круг задач. В частности, для описания практически любой задачи можно воспользоваться универсальным языком планирования PDDL, который является на данный момент весьма популярным.

В докладе для конкретного типа задач, решаемых в групповой робототехнике, предлагается модификация планировщика, которая базируется на удобном и читабельном языке планирования,

названном RPS (Robotics Planning System). Для стабильной работы нового планировщика требуется лишь организация интерпретатора, связывающего структуру RPS со структурой языка PDDL.

1. ЯЗЫКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Одним из первых языков представления классических планировщиков был язык STRIPS (Stanford Research Institute Problem Solver) [1]. Из-за недостаточной выразительности STRIPS ему на смену пришёл язык ADL (Action Description Language) [2]. В этом более универсальном языке доступны не только положительные, но и отрицательные литералы. Присутствуют также поддержка отношения равенства и поддержка типизации. В дальнейшем различные формальные средства планирования, применяемые в искусственном интеллекте, были систематизированы в рамках стандартного синтаксиса, получившего название PDDL (Planning Domain Definition Language — язык определения проблемной области планирования) [3]. Этот язык позволяет исследователям обмениваться эталонными тестовыми задачами и сравнивать результаты. PDDL включает в себя подязыки для STRIPS, ADL и иерархических сетей задач (Hierarchical Task Network — HTN) [4].

2. ОПИСАНИЕ СТРУКТУРЫ PDDL

При помощи PDDL можно описать «домены планирования» и «задачи планирования». Основные компоненты задач планирования PDDL:

- объекты (интересующие нас вещи в мире);
- предикаты (свойства объектов, которые нас интересуют; могут быть TRUE или FALSE);
- начальное состояние (состояние мира, с которого мы начинаем планирование);
- целевое состояние (состояние мира, которого мы хотим достигнуть);
- действия (пути изменения состояния мира).

Задача планирования, описываемая в PDDL, разделяется на два файла:

- 1) файл «domain», в котором находится информация о предикатах и действиях;
- 2) файл «problem», в котором находится информация об объектах, начальном и целевом состояниях.

3. ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАНИРОВАНИЯ В РОБОТОТЕХНИКЕ

В работах, посвящённых проблемам группового управления автономными мобильными роботами, предполагается использование групп ро-

ботов в экстремальных условиях, в опасных средах, при непредсказуемом изменении окружающей обстановки, наличии подвижных препятствий и т.д. Для планирования деятельности роботов используются подходы на основе интеллектуальных алгоритмов. Они включают различные типы алгоритмов на основе искусственных нейронных сетей, нечёткой логики и эволюционных алгоритмов. В настоящее время существует целый ряд работ, посвящённых вопросам сравнительного анализа алгоритмов планирования, даются рекомендации по использованию того или иного метода в зависимости от особенностей решаемой задачи и требований, предъявляемых к быстродействию алгоритма, наличию сенсорной информации и т.д. [5, 6].

В работе [7] представлен пример планировщика, который руководит действиями команды разнородных роботов при решении задачи сборки стола. Используя начальную, поставляемую пользователем геометрическую спецификацию, планировщик символично генерирует последовательность сборки, которая может быть выполнена с помощью команды сотрудничающих роботов. Роботы — мобильные манипуляторы с простыми инструментами — способны локализовать установочные элементы в рабочем пространстве и выполнять операции для соединения частей. В работе описан объектно-ориентированный язык AVPL для представления символического планирования проблемы.

С учётом того, что каждый робот имеет определённый набор действий, можно с помощью планирования определить факт достижимости цели. Планировщик ничего не знает о том, как робот выполняет эти действия. Для него важны только лишь состояния объектов окружающей среды до и после выполнения действия.

4. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ НА ЯЗЫКЕ PDDL

В качестве приводимого в докладе примера выберем ту же задачу сборки стола двумя роботами. Сформируем файл `assembly-domain.pddl` (листинг 1). В этом файле мы определяем:

- 1) название домена:
 - «ASSEMBLY»;
- 2) предикаты:
 - «LEG» — является ли объект ножкой стола;
 - «HOLE» — является ли объект отверстием в столе;
 - «in» — лежит ли объект на поле;
 - «intable» — прикреплен ли объект к столу;
 - «handempty» — держит ли манипулятор с захватом какой-либо объект;
 - «holding» — находится ли объект в манипуляторе с захватом;
- 3) действия с параметрами, пред- и постусловиями;
- 4) «pick-up»;
- 5) «attach».

При формировании файла `assembly-problem.pddl` (листинг 2) выделяем следующие пункты:

- 6) название задачи:
 - «ASSEMBLY»;
- 7) название домена, которому соответствует задача:
 - «ASSEMBLY»;
- 8) список объектов:
 - «leg1», ..., «leg4» — ножки стола;
 - «hole1», ..., «hole4» — отверстия в столе;
- 9) начальное состояние;
- 10) целевое состояние.

Листинг 1. Файл «assembly-domain.pddl»

```
(define (domain ASSEMBLY)
  (requirements :strips :equality)

  (:predicates (LEG ?x)
               (HOLE ?x)
               (in ?x)
               (intable ?x ?y)
               (handempty)
               (holding ?x)
               (upside_down)
               )

  (:action pick-up
    :parameters (?x)
    :precondition (and (LEG ?x)(in ?x)(handempty))
    :effect (and (not (in ?x))
                 (not (handempty))
                 (holding ?x)
                ))

  (:action attach
    :parameters (?x ?y)
    :precondition (and (LEG ?x)(HOLE ?y)(holding ?x))
    :effect
      (and (not (holding ?x))
            (handempty)
            (intable ?x ?y)))
  )
```

Листинг 2. Файл «assembly-problem.pddl»

```
(define (problem ASSEMBLY)
  (:domain ASSEMBLY)

  (:objects leg1 leg2 leg3 leg4 - leg
            hole1 hole2 hole3 hole4 - hole)

  (:INIT (LEG leg1) (LEG leg2) (LEG leg3) (LEG leg4)
         (HOLE hole1) (HOLE hole2) (HOLE hole3)
         (in leg1) (in leg2) (in leg3) (in leg4)
         (handempty)
         (upside_down)
         )

  (:goal (LEG leg1) (LEG leg2) (LEG leg3) (LEG leg4)
         (HOLE hole1) (HOLE hole2) (HOLE hole3)
         (HOLE hole4)
         (intable leg4 hole1) (intable leg3 hole2)
         (intable leg2 hole3) (intable leg1 hole4)
         ))
```

5. ФОРМИРОВАНИЕ ЯЗЫКА ПЛАНИРОВАНИЯ RPS

Для конкретного рода задач, в нашем случае, задач в робототехнике, возможно создание более удобного и читабельного языка планирования RPS(Robotics Planning System).

Новый язык планирования близок к объектно-ориентированным языкам программирования тем, что имеет классы, а каждый класс, в свою очередь, содержит свойства и объекты. RPS является доработанным аналогом языка планирования ABPL [7].

Для стабильной работы нового планировщика требуется лишь организовать интерпретатор, который будет переводить структуру нового языка в структуру языка PDDL (рис. 1).

Удобство данного языка заключается в том, что:

- 1) RPS по своей структуре напоминает объектно-ориентированный язык программирования, например такой, как C++;
- 2) если имеется множество одинаковых объектов, то можно при их инициализации объявить их количество, а дальше оперировать с индексами;
- 3) входным для данного планировщика является всего лишь один файл с расширением «*.rps».



Рис. 1. Схема планировщика RPS

Во входном файле сначала объявляются классы, затем инициализируется начальное состояние, после этого определяются действия, которые совершаются роботами, в конце указана цель, которую мы хотим достигнуть исходя из имеющихся возможностей робота и начального состояния. Любой класс может содержать свойства объектов, которые указываются в объявлении со специальным названием «properties». Свойство может иметь как логический тип («true» или «false»), так и тип любого другого объявленного выше класса. Действия, описываемые в файле,

имеют два обязательных пункта: «preconditions» и «result».

Пример файла для описания задачи на языке RPS приведён в листинге 3.

В выходном файле получаем последовательность действий, необходимую для достижения поставленной цели и описанную на языке RPS.

Пример файла с готовым планом приведён в листинге 4.

Листинг 3. Файл «assembly.rps»

```

class Manipulator{
    properties{object holding;}
}

class Hole{
    properties{boolean isFree = True;}
}

class Leg{
    properties{Hole inTable = None;}
}

initialization{ Manipulator robot[2];
                Leg leg[4];
                Hole hole[4];
                robot[0].holding = None;
}

action pick_up_leg(Manipulator robot, Leg leg){
    preconditions{
        robot.holding = None;
        leg.inTable = None;
    }
    result{
        robot.holding = leg;
    }
}

action attach_leg_to_tabletop(Manipulator robot[1], Leg leg,
Hole hole){
    preconditions{
        robot[0].holding = leg;
        hole.isFree = True;
        leg.inTable = None;
    }
    result{
        robot[0].holding = None;
        hole.isFree = False;
        leg.inTable = hole;
    }
}

goal{
    leg[3].inTable = hole[2];
    leg[1].inTable = hole[4];
    leg[4].inTable = hole[3];
    leg[2].inTable = hole[1];
}
  
```

Листинг 4. Готовый план на языке RPS

```

pick_up_leg(robot[0], leg[3]);
attach_leg_to_tabletop(robot[1], leg[3], hole[2]);
pick_up_leg(robot[0], leg[1]);
attach_leg_to_tabletop(robot[1], leg[3], hole[4]);
pick_up_leg(robot[0], leg[4]);
attach_leg_to_tabletop(robot[1], leg[3], hole[3]);
pick_up_leg(robot[0], leg[2]);
attach_leg_to_tabletop(robot[1], leg[3], hole[1]);
  
```

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе рассмотрены возможности планирования организации управления группой роботов. Представлена структура и примеры описания домена и проблемы на универсальном языке планирования PDDL. Представлен удобный для планирования робототехнических задач язык RPS, который по структуре близок к объектно-ориентированным языкам программирования. Предлагаемый вид организации управления позволяет решать различные задачи для робототехнических систем, возникающие и на практике, и в процессе подготовки студентов, изучающих робототехнику и мехатронику.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Fikes R.C., Nilsson N.J.**, STRIPS: A New Approach to the Application of Theorem Proving to Problem Solving. IJCAL'71. P. 608—6020.
2. **Edwin P.D.** Pednault ADL: Exploring the middle ground between STRIPS and the situation calculus. Proceedings of the first international conference on Principles of knowledge representation and reasoning. Morgan Kaufmann Publishers Inc. San Francisco, CA, USA ©1989. Pages 324-332.
3. **1998 Pddl** the planning domain definition language Technical Report CVC TR-98-003/DCS TR-1165 / M. Ghallab, A. Howe, C. Knoblock et al. Yale Center for Computational Vision and Control.
4. **Рассел С., Норвинг П.** Искусственный интеллект: современный подход. — 2-е изд. / пер. с англ. К.А. Птицына. М.: Издательский дом «Вильямс», 2006.
5. **Даринцев О.В., Мигранов А.Б.** Сравнительный анализ интеллектуальных методов планирования // Труды Института механики им. Р.Р. Мавлютова Уфимского научного центра РАН. Вып. 9. Часть II. Уфа: Нефтегазовое дело, 2012. С. 53—58.
6. **Даринцев О.В., Мигранов А.Б.** Области применения приближенных и интеллектуальных методов планирования траекторий для групп мобильных роботов // Современные проблемы науки и образования – 2014. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=16542> (дата обращения: 23.12.2015).
7. **R.A. Кнеппер, Т. Лейтон, J. Романшин, D. Рус.** IkeaBot: An autonomous multi-robot coordinated furniture assembly system // In Proc. IEEE Int'l Conf. on Robotics and Automation. Karlsruhe, Germany, May 2013.

A.M. Rusakov, A.I. Kobrin

igroc2@bk.ru, kobrinai@yandex.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

PLANNING AS PART OF THE MOBILE ROBOTS TEAMS WORK

SUMMARY

The report describes the method of constructing the scheduler to control a group of robots that perform the tasks of a coordinated assembly. This question is relevant in the educational process of students studying courses of dynamics and control of mobile robots. It is important to solve the problem of constructing a plan of joint activities of the group of robots KUKA youBot, in particular.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИДАКТИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГРАФИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

АННОТАЦИЯ

Проведён обзор и исследование особенностей использования классических принципов дидактики при изучении графических дисциплин для активизации учебно-познавательной деятельности курсантов.

Предложены подходы по применению информационных технологий при использовании дидактических принципов, направленные на повышение графической подготовки курсантов, развитие у них способности увязывать теорию с практикой, воспитание внимания и аккуратности, повышение интереса к обучению.

ВВЕДЕНИЕ

Обзор научных статей и личный опыт преподавания подтверждают, что для поднятия уровня учебной и познавательной деятельности курсантов при изучении графических дисциплин необходимо руководствоваться следующими основополагающими, общепризнанными, классическими дидактическими принципами (рис. 1) [1, 2]:

- научности;
- последовательности и постепенности, системности в обучении;
- интеграции теории в практику;
- познавательной активности и личной заинтересованности;
- фундаментальности усвоения знаний.
- доступности в обучении;
- наглядности восприятия;
- персонализации в обучении;
- воспитывающего обучения.

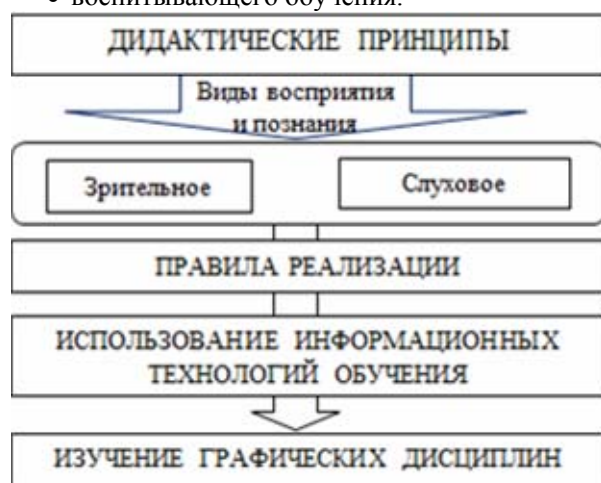


Рис. 1. Подход к изучению графических дисциплин с позиций принципов дидактики

Реализация каждого из этих принципов при изучении графических дисциплин зависит от

структуры и содержания дисциплин; видов учебных занятий; форм, методов, способов и средств обучения, а также форм контроля знаний.

Принцип научности применительно к графическим дисциплинам обеспечивается использованием наряду с классическими (традиционными) знаниями также прогрессивных инновационных достижений науки в области этих дисциплин. Профессорско-преподавательский состав должен владеть большими знаниями, чем излагается в учебных пособиях и научной литературе. Это обстоятельство обязывает ведущих преподавателей следить за обновляемым фондом учебных пособий, научными публикациями российских и иностранных коллег, участвовать в педагогических экспериментах и научных исследованиях. Лекционная составляющая курса дисциплины должна содержать основные понятия, теоремы и условия в объёме, соответствующем современным требованиям учебных программ, а их реализация на практических занятиях — обеспечивать научный поиск и исследовательский подход к решению поставленных задач.

В ходе обучения на кафедре инженерной графики курсантов знакомят с инновационными достижениями в области создания и разработки конструкторских документов как графических, так и текстовых, с использованием различных прикладных программ, а также активно привлекают к научно-исследовательской работе под руководством опытных наставников [3].

Принцип постепенности, последовательности и системности применительно к графическим дисциплинам обеспечивается соблюдением логических связей и определённого порядка в формировании профессиональных компетенций от простого к сложному, соблюдая внутренние связи между знаниями, умениями и приобретаемыми навыками, добиваясь планируемого уровня.

Геометрические элементы: точки и прямые, плоскости и поверхности, различные кривые, находящиеся в определённой взаимосвязи, представляют собой основу изучаемых пространственных объектов, поэтому целесообразно создание проекций этих составляющих рассматривать последовательно, в зависимости от конкретной задачи, например, начиная с общего и переходя к частному или наоборот.

Изучение инженерной графики начинается с изучения стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), общих правил

выполнения чертежей, используемых затем для создания различных графических конструкторских документов (КД). С рассмотрения ключевых вопросов начинается фронтальное ознакомление с каждой новой темой при её изучении.

При работе слушателей и курсантов над чертежами преподаватель систематически побуждает обучаемых обращаться к нормативной литературе и стандартам. Это необходимо при исправлении ошибок в чертежах, а также при возникновении вопросов в ходе работы. В таких случаях желательно, чтобы слушатель самостоятельно нашёл ответ или правильное решение своей проблемы, а преподавателю следует направить его работу в нужном направлении.

Постепенное, последовательное изучение общих правил создания чертежей формирует у обучаемых стройную систему требований по разработке и оформлению КД.

Принцип интеграции теории в практику хорошо осознается слушателями при решении учебных задач и разработке учебных чертежей, подтверждая важность теоретических знаний в профессии инженера, его практической и творческой деятельности. Используя методы начертательной геометрии на практических занятиях, курсанты умело применяют теоретические знания для решения поставленных практических задач конструирования.

Особое место в обучении и становлении будущих специалистов занимает демонстрация приложений начертательной геометрии к практике с учётом специализации учащихся. Например, однополостный гиперболоид (башня Шухова), прямой круговой цилиндр (Штаб-квартира BMW в Мюнхене) и другие различные поверхности второго порядка прекрасно иллюстрируют применение геометрических тел и поверхностей в архитектуре. Известно, что вся последовательность разработки конструкторской документации есть ни что иное, как приложение научной теории построения изображений и содержания стандартов к выполнению практических задач. При этом прослеживается и обратная связь, сами нормативные документы есть результат приложения большого практического опыта.

В процессе обучения необходимо постоянно напоминать, какими негативными могут быть последствия несоблюдения положений стандарта. Это помогает курсантам осознать обоснованность того или иного требования стандарта и необходимость соблюдения его. Затем только можно переходить к практической работе, которая в инженерной графике является приложением полученных теоретических знаний к выполнению учебных чертежей деталей ракет, чертежей общего вида и сборочных чертежей узлов ракетной техники, действительных конструкторских документов.

Принцип познавательной активности и личной заинтересованности курсантов подразумевает такую организацию процесса прохождения дисциплины, при которой обучаемые не только ясно понимают цель и задачи своего обучения, но и проявляют активность при усвоении материала, сознательно прибегая к полученным знаниям при решении графических задач.

При чтении лекций необходимо использовать не только объяснительно-иллюстративный метод изложения материала, но и повышать познавательный интерес курсантов, ставя перед ними вопросы и задачи, заставляя их проявлять свои аналитические способности, пространственное воображение [4]. В такой обстановке слушатель не просто будет записывать конспект лекции, но и рассуждать вместе с лектором, творчески мыслить.

Обоснование алгоритмов решения геометрических задач, конкретных требований нормативов будет способствовать сознательному усвоению учебного материала. А использование на занятиях самих стандартов в качестве дополнительной литературы повышать познавательный интерес и активность в обучении. Например, характерной чертой реализации принципа сознательности на занятиях по изучению стандартов ЕСКД является то, что сначала приходит осознание необходимости знания правил создания и оформления графических документов, а затем в результате получения практического опыта при решении графических задач, контрольных заданий, индивидуальной работы вырабатываются навыки их автоматического применения. Для этого разработаны практикумы по начертательной геометрии и инженерной графике.

Специалисты-психологи в своих наблюдениях подчёркивают, что при наличии самоконтроля и самооценки в ходе обучения у обучаемых появляется высокая активность. Так как на первом курсе курсанты не всегда готовы грамотно спланировать свою самостоятельную работу, то для оптимального распределения учебной нагрузки по графическим дисциплинам преподавателями устанавливаются сроки подготовки и сдачи контрольных домашних заданий (КДЗ), предусмотренных учебным планом [5].

Принцип фундаментальности усвоения знаний отражает ту сторону обучения, при которой теоретические знания курсанты усваивают настолько прочно, что в случае необходимости восстанавливают их в памяти и применяют для решения поставленных задач в своей учебной и профессиональной деятельности.

Этот принцип сочетается с принципом сознательности, успешно усваивается и запоминается та информация, которая осмыслена и понята курсантами.

При прохождении модуля «Начертательная геометрия» такому прочному усвоению способствует сознательное приобретение навыка в использовании стандартных алгоритмов при решении позиционных и метрических задач до автоматизма их применения.

При изучении модуля «Инженерная графика» успешному усвоению стандартов ЕСКД способствует сознательное, постоянное применение этих положений при создании чертежей и схем [6].

Обучаемые должны демонстрировать глубокие знания изученных ГОСТов при выполнении контрольных заданий, обосновании принятого графического решения при защите работы.

Принцип доступности обучения прослеживается в соответствии содержания учебного материала уровню обучаемых, будь то возраст, исходные знания, уровень развития, индивидуальные способности. Доступность не означает «лёгкость», обучаемые должны использовать и развивать свои умственные способности.

Конечно, большой объём учебного материала представляет основную трудность при изучении графических дисциплин. Поэтому преподавателю важно направлять усилия курсантов, ставя перед ними реальные или приоритетные цели, выделяя основные и важные положения, а также обговаривая пути их решения. Прежде всего это касается требований по созданию различных конструкторских документов и документации. Использование этого принципа хорошо дополняется принципом наглядного восприятия.

Принцип наглядности считается одним из приоритетных в дидактике. Связан он с такой методикой обучения, при которой у курсантов понятия и представления формируются на основе изучения различных объектов с использованием органов зрения и слуха. При изучении графических дисциплин наглядность может иметь различные особенности. Следуя классическим формам и методам в обучении, с учётом большого объёма иллюстративного материала, целесообразно дополнять их современными инновационными информационными технологиями, компьютерными средствами для облегчения восприятия и переработки содержания учебных вопросов. Для этих целей разрабатываются и используются по каждой теме мультимедийные презентации, плакаты, анимация и демонстрационные ролики с флэш технологией, иллюстрирующие содержание конкретных вопросов (рис. 2) [7, 8]. Для развития пространственного воображения используются демонстрационные модели (рис. 3), в том числе динамические [9]. Наглядные средства облегчают процесс усвоения знаний, повышают познавательный интерес обучаемых.



Рис. 2. Пример оформления слайда для объяснения способов задания точек на плоскости

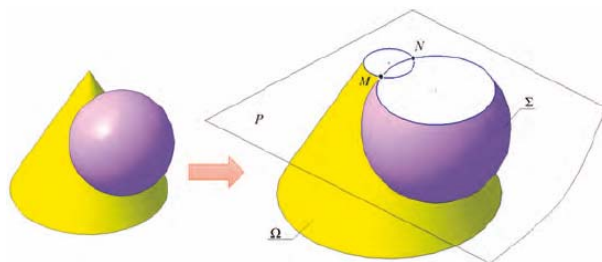


Рис. 3. Нахождение общих точек М и N линии пересечения сферы и конуса с использованием плоскости Р

В практикуме по начертательной геометрии хорошей демонстрацией является наличие чертежей с пошаговой, поэтапной последовательностью решения различных практических задач, что в свою очередь способствует успешному усвоению курсантами учебного материала.

Не последнюю роль в процессе обучения инженерной графике играет такой вид работы, как выполнение эскизов и чертежей с натуры, способствующий приобретению у курсантов навыка установления связи пространственной модели с её изображением.

Принцип персонализации в обучении в условиях групповых занятий является определяющим при выполнении курсантами контрольных работ по графическим дисциплинам. Для обеспечения этого принципа на кафедре разрабатываются и используются индивидуальные контрольные задания, индивидуальное руководство при их выполнении и индивидуальный контроль при их сдаче. В ходе персональных бесед с каждым курсантом преподаватель имеет возможность корректировать действия обучаемых, указывая на недостатки, ошибки, предупреждая последующие, прогнозируя возможные затруднения и тем самым лучше узнавая индивидуальные способности каждого. Затрудняет реализацию этого принципа ограниченность во времени как со стороны преподавателя, так и со стороны курсанта.

Принцип воспитывающего обучения реализуется заданием и реализацией воспитательных

целей и задач через изучаемый материал, интегрированный в методы и формы учебной работы. Очевидно, что персональная работа с курсантами по изучению стандартов ЕСКД представляет широкие возможности по становлению и воспитанию у обучаемых качеств, присущих военным инженерам. Следует вырабатывать такие важные для будущего специалиста качества, как самостоятельность, организованность, собранность, умение распределять и планировать объём своей работы, использовать справочную и нормативную литературу, электронные образовательные ресурсы, осуществлять самопроверку и проводить самооценку.

Отдельно следует отметить то обстоятельство, что ГОСТы устанавливают только необходимые правила и предоставляют инженеру свободу выбора конечного варианта выполнения чертежа в отношении количества и содержания изображений на нем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При изучении графических дисциплин каждый дидактический принцип обучения имеет характерную, свойственную ему дидактическую функцию. Все они очень тесно переплетаются и при этом нельзя сравнивать их по степени значимости. Поэтому в данном случае более рациональным будет системный подход к пониманию взаимообусловленности и взаимосвязи большинства принципов обучения.

Использование рассмотренных дидактических принципов в методике преподавания графических дисциплин будет способствовать достижению больших положительных результатов в развитии инженерного мышления у курсантов и формированию у них профессиональных компетенций с соответствующими знаниями, умениями и навыками в

разработке графических конструкторских документов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голуб Б.А. Основы общей дидактики. [Электронный доступ]. URL: http://www.gumer.info/bibliotek_Buks/Pedagog/golub/01.php. Дата обращения: 17.11.2015.
2. Тельной В.И. Использование дидактических принципов при изучении государственных стандартов ЕСКД и СПДС в курсе инженерной графики // Вестник МГСУ. 2013. № 3. С. 255—262.
3. Тельной В.И., Рычкова А.В. Разработка презентаций по графическим дисциплинам как форма самостоятельной работы студентов // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 8—5 (39). С. 33—34.
4. Барабанова О.В., Тельной В.И. Развитие познавательной активности студентов с использованием мультимедийных презентаций // Вестник МГСУ. 2011. № 4. С. 345—349.
5. Тельной В.И., Рычкова А.В. Организация самостоятельной работы студентов при изучении курса инженерной графики // Вестник МГСУ. 2015. № 1. С. 120—128.
6. Тельной В.И., Рычкова А.В. Выполнение чертежей деталей в электронной форме // Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования ИНФОРИНО—2014». М.: Издательский дом МЭИ, 2014. С. 161—164.
7. Тельной В.И., Рычкова А.В. Обеспечение принципа наглядности при изучении графических дисциплин // Вестник МГСУ. 2015. № 11. С. 202—211.
8. Тельной В.И., Рычкова А.В. Применение мультимедиа технологий при изучении графических дисциплин. В сборнике: Педагогика и психология: тенденции и перспективы развития // Сборник научных трудов по итогам Международной научно-практической конференции. 2015. С. 191—194.
9. Тельной В.И., Рычкова А.В. Применение трёхмерного моделирования при чтении лекций по начертательной геометрии // Вестник МГСУ. 2014. № 5. С. 176—183.

A.V. Rychkova, V.I. Tel'noy

angel_rych@mail.ru; tvi_007@mail.ru

Military Academy of the Strategic Missile Forces named after Peter the Great, Balashikha

THE USE OF DIDACTIC PRINCIPLES IN THE STUDY OF GRAPHIC DISCIPLINES

SUMMARY

A review and study of the characteristics of the classic principles of didactics at studying graphic disciplines to enhance learning and cognitive activity of students.

Proposed approaches in the application of information technology in the use of instructional principles aimed at increasing graphic training of students, development of their abilities to link theory with practice, the education of attention and care, increased interest in learning.

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ АГРЕССИВНОМУ СКАНИРОВАНИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён рассмотрению методов и технологий противодействия агрессивному сканированию информационных систем. Анализируются основные понятия и технологии проведения сканирования информационных систем. Проводятся анализ и принцип работы современных сканеров, а также методы противодействия им.

ВВЕДЕНИЕ

Под тестированием информационных систем (далее ИС) обычно понимают проведение определённых тестирующих процедур для выполнения аудита системы информационной безопасности. В последнее время всё большую популярность приобретают тесты на проникновение в ИС (*penetration testing, pentest*), когда моделируются реальные действия злоумышленника по поиску уязвимостей ИС. Существует организации, которые предлагают подобные услуги с разной степенью выполняемых работ: от обнаружения уязвимостей с использованием сканеров и выдачи рекомендаций до имитации атак на сервера ИС до разработки политик информационной безопасности. Существуют несколько подходов к тестированию ИС: обычное внешнее, внутреннее тестирование и тестирование на проникновение. Обычное тестирование не приносит вреда ИС и выявляет имеющиеся и доступные для исследования уязвимости. Тестирование на проникновение является более агрессивным механизмом исследования и имеет следующие преимущества [1]:

- позволяет эффективно продемонстрировать возможность проникновения в ИС и выявить слабые места в обеспечении информационной безопасности;
- позволяет выделять финансовые и материальные ресурсы на обеспечение безопасности ИС на тех участках, на которых это требуется больше всего.

Во всех случаях тестирование на проникновение не может проводиться в период работы информационной системы, а результатом тестирования может стать её нерабочее состояние. Поэтому такое тестирование систем осуществляется только по строго согласованным с администрацией сценариям в нерабочее время и с возможностью быстрого восстановления состояния информационных активов организации. Массовое появление программных средств для проведения тестирования ИС на проникновение и их свободное

распространение в Интернет привело к тому, что подобные методы исследования уязвимостей ИС стали использоваться злоумышленниками как в служебное, так и в неслужебное время, что наиболее опасно. Возникает необходимость создания системы защиты ИС от подобного и во многих случаях агрессивного сканирования. Под термином агрессивное сканирование понимается процесс сканирования ИС, при котором происходит блокировка, замедление её работы, отказ в обслуживании, нарушение или неисполнение функций, проникновение во внутреннюю часть корпоративной информационной системы, доступ к БД, конфиденциальной информации и её компрометация.

1. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОВЕДЕНИЯ АГРЕССИВНОГО СКАНИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Главное отличие злоумышленника от аудитора ИС в том, что аудитор обнаруживает уязвимости и пытается их использовать без компрометации ИБ. Злоумышленник же использует уязвимости для проникновения в ИС и последующего сбора компрометирующей информации организации.

Основные фазы проведения мероприятий по проникновению в ИС: 1. Разведка. 2. Внешнее сканирование. 3. Получение доступа. 4. Внутреннее сканирование. 5. Получение доступа к определённой информации (хостам, сервисам).

В большинстве случаев тестирование ИС аудитором прекращается на этапе «Получение доступа», но при агрессивном сканировании, где отсутствуют чёткие границы проведения мероприятий, сканирование осуществляется глубже.

Разведкой в тестировании на проникновение является сбор информации из открытых источников, необходимой для составления сценария атаки.

В тестировании на проникновение используется термин «футпринтинг» (англ. footprinting) – техника получения информации об информационных системах и лицах, которым эти системы принадлежат. Это информация, которую получает злоумышленник с общедоступных информационных ресурсов, например с официального сайта, информационного портала: используемое ПО его версия; используемая ОС; параметры сайта; имена файлов, пути, название поля БД или запросы; скриптовая платформа (php, asp, jsp и

т.д.); контактные сведения (администратора, поддержки).

На основе полученной информации решается, будет ли сценарий основываться на проникновении на веб-сайт и каковы шансы сделать это. Инструменты, которые можно использовать: Paros Proxy; Burp Suite; iredbug. С помощью данной информации можно обнаружить уязвимости в конфигурации сайта. Например, не были скрыты от внешнего подключения критичные файлы.

2. ТЕХНОЛОГИИ ПОИСКА УЯЗВИМОСТЕЙ

Для обнаружения уязвимостей ресурсов информационной сети используют специализированные программные продукты, называемые сканерами защищённости (security scanner). Сканер проводит анализ защищённости в несколько этапов [2].

1. Сбор информации о сети. На данном этапе идентифицируются все активные устройства в сети и определяются запущенные на них сервисы и демоны.

2. Обнаружение потенциальных уязвимостей. Сканер использует базу данных для сравнения собранных данных с известными уязвимостями при помощи проверки заголовков или активных зондирующих проверок. В некоторых системах все уязвимости ранжируются по степени риска. В системе NetSonar уязвимости делятся на два класса: сетевые и локальные уязвимости. Все уязвимости делятся на три степени риска: высокая (High), средняя (Medium) и низкая (Low).

3. Подтверждение выбранных уязвимостей. Сканер использует специальные методы и моделирует определённые атаки для подтверждения факта наличия уязвимостей на выбранных узлах сети.

4. Генерация отчётов. На основе собранной информации система анализа защищённости создает отчёты, описывающие обнаруженные уязвимости.

3. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ МОНИТОРИНГА И ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ АГРЕССИВНОМУ СКАНИРОВАНИЮ

Существует два основных механизма, при помощи которых сканер проверяет наличие уязвимости — сканирование (scan) и зондирование (probe).

Сканирование — механизм пассивного анализа, с помощью которого сканер пытается определить наличие уязвимости без фактического подтверждения её наличия, т.е. по косвенным признакам. Данный метод получил название «логический вывод» (inference). Этот процесс идентифицирует открытые порты, найденные на каждом сетевом устройстве, и собирает связанные с портами заголовки (banner), найденные при сканировании каждого порта. Каждый полученный заголовок сравнивается с таблицей правил определения сетевых устройств, операционных систем и потенциальных уязвимостей. На основе проведённого сравнения делается вывод о наличии или отсутствии уязвимости.

Зондирование — механизм активного анализа, который позволяет убедиться, присутствует или нет на анализируемом узле уязвимость. Зондирование выполняется путём имитации атаки, использующей проверяемую уязвимость. Этот процесс также использует известные методы реализации атак для того, чтобы полностью подтвердить предполагаемые уязвимости и обнаружить другие уязвимости, которые не могут быть обнаружены пассивными методами, например подверженность атакам типа «отказ в обслуживании» («denial of service»).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сферы деятельности, которые затрагивает проблема агрессивного сканирования, весьма обширная. Методы противодействия и рекомендации, полученные в результате проведения работы, могут быть использованы в практической деятельности работы системных администраторов, а также в образовательной и обучающей деятельности. Результаты, полученные в ходе проведения данной работы, способны улучшить безопасность информационной системы, уменьшить количество уязвимостей информационной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Туманов С.А. Средства тестирования информационной системы на проникновение. [Электронный доступ]. URL: <http://www.tusur.ru/filearchive/reports-magazine/2015-36-2/14.pdf>.
2. Тумоян Е.П., Кавчук Д.А. Метод оптимизации автоматической проверки уязвимостей удалённых информационных систем // Безопасность информационных технологий. 2013. № 1. С. 25—30.

I.E. Semenchey, A.S. Minzov

gkotovskiy@gmail.com; MinzovAS@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

METHODS AND TECHNOLOGIES OF COUNTERACTION AGGRESSIVE SCANNING INFORMATION SYSTEM

SUMMARY

The report is devoted to the methods and technologies to counter of aggressive scanning information systems. Analyzes the basic concepts and techniques of scanning information systems. The analysis and the principle of the modern port scanners and methods to combat them.

СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ АВТОРСКИХ ПРАВ ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена вопросам защиты графических файлов от несанкционированного копирования и распространения. В качестве технологий защиты рассмотрены цифровые метки автора и доверительный центр.

В настоящее время в связи с ростом объёмов информации в сети Интернет и её доступностью, всё большую актуальность приобретает вопрос защиты авторских прав. С развитием Интернета и совершенствованием цифровых технологий всё больше насыщается графической информацией. Появляются виртуальные фотогалереи, музеи, архивы изображений. Владельцы подобных ресурсов, несомненно, заинтересованы в привлечении как можно большего числа посетителей на свои сайты, но к заимствованию своего графического контента относятся явно отрицательно. Поэтому всё чаще возникает вопрос о соблюдении авторского права в Интернете. И нарушение этого права подразумевает использование материала без разрешения авторов или правообладателей или с нарушением условий договора об использовании. К числу основных способов нарушения авторских прав относится незаконное копирование и распространение произведения, а также плагиат. Простейшие методы защиты от копирования не позволяют защитить авторские права должным образом.

Наиболее эффективными из существующих технологий для борьбы с пиратским распространением графической информации можно назвать технологии, основанные на использовании принципов стеганографии.

Стеганография — это наука о скрытой передаче информации путём сохранения в тайне самого факта передачи. В цифровой стеганографии часто используется водяной знак — специальная метка, незаметно внедряемая в изображение или другой сигнал с целью тем или иным образом контролировать его использование. [1]

На сегодняшний день разработан ряд программ, реализующих скрытие в файлах JPEG. Следует отметить, что большинство стеганографических продуктов «скрывают» информацию, просто дописывая её в конец файла-контейнера. Очевидно, подобные программы в действительности не являются стеганографическими, так как нарушают основные принципы стеганографии — местоположение, а зачастую и сама скрытая ин-

формация может быть легко получена. Мало того, создатели некоторых программных продуктов просто обманывают пользователей, заявляя на своих сайтах о стопроцентной надёжности и невозможности для третьих лиц обнаружить факт скрытия данных, сильных криптографических алгоритмах и поддержке всех известных форматов файлов. Как правило, данные программы написаны для коммерческого использования или являются условно бесплатными. Но для обычного пользователя, решившего защитить конкретную информацию, громкая реклама, как правило, играет решающую роль в выборе инструмента. Данный метод не удовлетворяет требованию внешней неизменности файла-контейнера, и потенциальный стегоаналитик легко определит не только наличие, но и местоположение, а также длину скрытого сообщения.

Бесспорной остаётся только идея о необходимости участия некоторой третьей доверенной стороны, фиксирующей авторские права документа и имеющей механизм их контроля. Однако это не даёт полного решения этой актуальной задачи.

В данной работе предлагается использовать третью доверенную сторону, которая будет фиксировать авторские права на мультимедийные и графические изображения с использованием стегоконтейнера, содержащего информацию об самом авторе документа. Сам стегоконтейнер представляется как информационная последовательность, в которой прячется сообщение. Сообщение в данной схеме представлено как главной меткой, т.е. идентифицирующим этапом автора представленного материала (рис. 1).

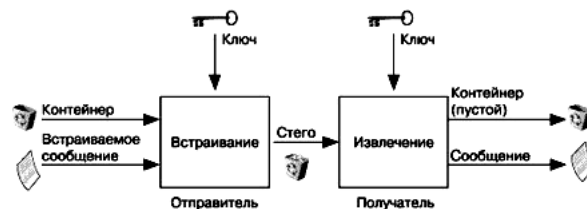


Рис. 1. Обобщённая модель стegosистемы

Доверительная сторона здесь играет важную роль, ведь данные, содержащие скрытое сообщение, могут подвергаться преднамеренным атакам или случайным помехам, что позволит в дальнейшем использовать незаконное копирование или распространение, нарушая авторские права. Основной задачей центра в этой ситуации играет

проверка метки автора. Если авторская метка не подтверждается доверенным центром, претенденту будет очень проблематично доказать свою причастность к авторству конкретной работы. Авторский документ представляется в нескольких возможных форматах и/или качествах. Для графических файлов параметром качества является его разрешающая способность. Стегоконтейнер шифруется секретным ключом автора. Потом изображение или содержание мультимедийного файла разбивается на блоки с последующим преобразованием Фурье:

$$A_k = \sum_{n=0}^{N-1} X_n e^{-i2\pi kn/N},$$

где N — количество значений сигнала, измеренных за период, а также количество компонент разложения; X_n , $n = 0, \dots, N - 1$ — измеренные значения сигнала (в дискретных временных точках с номерами, которые являются входными данными для прямого преобразования и выходными для обратного; k — индекс частоты. Частота k -го сигнала равна k/T , где T — период времени, в течение которого брались входные данные.

В большинстве методов скрытия данных в изображениях для защиты авторских прав один из популярных видов преобразований — вейвлет-преобразование. При использовании вейвлет-преобразования (ВП) для встраивания ЦВЗ необходимо получить вейвлет-коэффициенты, которые и будут использоваться для встраивания. Для изображений применяется дискретное ВП, которое заключается в применении к изображению низкочастотных (L) и высокочастотных фильтров (H). Предположим, имеется изображение размером $N \times N$. Сначала каждая из строк изображения делится на низкочастотную и высокочастотную половины. Далее, каждый столбец делится аналогичным образом. В результате получается четыре изображения размерами $N/2 \times N/2$ низкочастотное по горизонтали и вертикали ($LL1$), высокочастотное по горизонтали и вертикали ($HH1$), низкочастотное по горизонтали и высокочастотное по вертикали ($LH1$) и высокочастотное по горизонтали и низкочастотное по вертикали ($HL1$). Изображение претерпевает дальнейшую трансформацию, разделяясь на всё меньшие блоки высокочастот-

ных и низкочастотных составляющих. Алгоритм представлен на рис. 2.

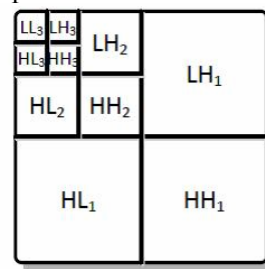


Рис. 2. Три уровня ВП изображения

При этом информация, используемая для идентификации материала, маскируется деталями изображения, выполняющими функции носителя информации об авторе. Выделить или избавиться от этого стегоконтейнера трудно, но возможно только с потерей качества.

На результат работы алгоритмов влияют размер, степень сжатия, характер изображения и, естественно, используемый метод скрытия информации. Аутентификация владельца документа основана на том, что никто, кроме его владельца не сможет представить этот документ с метками одновременно в трёх его форматах и/или качествах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье приводится краткое толкование идеи защиты авторских прав графических материалов с использованием цифровой стеганографии.

Применяя данную схему в МЭИ, можно гарантировать авторство многих работ или отказать авторам в публикации плагиата, претендующим на публикацию в виде научных статей, дипломов или диссертаций.

Защита авторских прав еще остаётся актуальным и по сегодняшний день. Таким образом, одним из способов, применяемых в цифровой стеганографии, является технология использование меток (водяных знаков).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грибунин В.Г. Цифровая стеганография. М.: Солон-Пресс, 2002.
2. Оков И.Н., Туринцев И.В. Цифровая стеганография. М.: Солон-Пресс, 2009.
3. Мельников Д.А. Организация и обеспечение безопасности информационно-технологических сетей и систем// IDO Press. Издательский дом «КДУ», 2015.

A.V. Sergeev, A.Y. Nevsky

Profitdre@gmail.com

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

STENOGRAPHIC METHOD OF COPYRIGHT GRAPHICS

SUMMARY

The article is devoted to the protection of image files from unauthorized copying and distribution. As security technologies: considered label author and trust center.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

АННОТАЦИЯ

Интеллектуальная система поддержки принятия решений позволяет решать алгоритмически сложные задачи оптимального выбора с большим объёмом исходной информации. Разработанные алгоритмы обоснованы: используется математический аппарат теории отношений, теории графов, численных методов. Предлагаемая интеллектуальная система предназначена как для решения практических инженерных задач, так и для проведения лабораторных занятий или семинаров по курсам «Математическая теория принятия решений», «Дискретная математика», «Теория оптимизации».

ВВЕДЕНИЕ

Рассматриваемая интеллектуальная система поддержки принятия решений основана на уникальной методике агрегирования экспертных и многокритериальных предпочтений, описанной в работах [1—4]. При агрегировании предпочтений учитывается, что критерии могут иметь разную важность, а эксперты различаться уровнем своей компетентности. По желанию лица, принимающего решения (ЛПР), оптимальный выбор можно осуществить с помощью только одного из типов информации: экспертной или многокритериальной. В случае совместного использования подсистем группового и многокритериального выбора результаты их работы агрегируются. На каждом этапе работы интеллектуальной системы предусмотрена возможность перехода на предыдущие этапы с коррекцией входной информации. Все алгоритмы имеют полиномиальную сложность, что позволяет обрабатывать большие объёмы исходной информации.

1. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАДАЧИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Работа интеллектуальной системы основывается на математической модели задачи принятия решений, содержащей следующие элементы:

$$\langle t, A, K, X, F, E, P, M, k, r \rangle,$$

где t — постановка задачи; $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ — множество рассматриваемых альтернатив; $K = \{K_1, K_2, \dots, K_m\}$ — множество критериев; $X = \{X_1, X_2, \dots, X_m\}$ — множество шкал критериев; F — предпочтения по шкалам критериев; $E = \{E_1, E_2, \dots, E_m\}$ — множество экспертов; P — профиль индивидуальных предпочтений экспертов; $M = \{R^1, R^2, \dots, R^m\}$ — матрицы предпочте-

ний; $k = \{k_1, k_2, \dots, k_m\}$ — множество коэффициентов важности критериев и/или экспертов; r — решающее правило.

В зависимости от содержательной постановки задачи t требуется построить агрегированное отношение предпочтения на множестве альтернатив, провести ранжирование альтернатив или осуществить выбор наилучших вариантов альтернатив. Множество альтернатив A обычно задается ЛПР, но при необходимости может быть расширено экспертами. Шкалы критериев могут быть числовыми или качественными, т.е. только указывать предпочтения по данной шкале. Значения оценок по числовым шкалам критериев обычно минимизируются или максимизируются. Например, стоимость альтернативы обычно минимизируется, а скорость максимизируется. Существуют шкалы, у которых лучшие и худшие оценки зависят от предпочтений ЛПР, например, месторасположение альтернативы. Предпочтения по шкалам критериев $F = \{F_1, F_2, \dots, F_m\}$ могут быть заданы числовыми оценками альтернатив по данному критерию, попарным сравнением (в частности, ранжированием альтернатив), выбором множества наилучших альтернатив, отношениями предпочтения на множестве альтернатив. Решения могут приниматься одним человеком (ЛПР) или группой экспертов. Экспертное сообщество $E = \{E_1, E_2, \dots, E_m\}$ может состоять как из квалифицированных специалистов в той или иной области народного хозяйства, так и из обычных людей, например при решении задач изучения потребительского спроса. Профиль индивидуальных предпочтений экспертов P может быть задан на множестве альтернатив A бинарными отношениями предпочтения $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_m$, множеством наилучших альтернатив, численными оценками альтернатив. Матрицы предпочтений альтернатив $M = \{R^1, R^2, \dots, R^m\}$ формируются на основе предпочтений альтернатив по критериям и/или в результате полученной от экспертов информации. Весовые коэффициенты $k = \{k_1, k_2, \dots, k_m\}$ отражают сравнительную важность критериев или характеризуют компетентность экспертов. Под решающим правилом r понимаются алгоритмы агрегирования экспертных и многокритериальных предпочтений, а также алгоритмы, позволяющие ранжировать альтернативы по предпочтительности и выбрать наилучшие из них.

Алгоритмическое обеспечение системы использует оригинальную методику построения непротиворечивого агрегированного отношения предпочтения на множестве альтернатив. Разработанные алгоритмы позволяют при необходимости агрегировать информацию, полученную одновременно от ЛПР и от группы экспертов. ЛПР обычно задает информацию о предпочтениях альтернатив по критериям качества. Кроме того, каждый эксперт для уточнения своих предпочтений может также воспользоваться алгоритмами многокритериального выбора.

2. ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРТНОГО ОПРОСА

Для получения исходной информации интеллектуальная система проводит опрос ЛПР и/или экспертов. Обычно множество экспертов и множество альтернатив формируются ЛПР, но при необходимости эксперты могут дополнить перечень альтернатив, да и экспертное сообщество может быть расширено по рекомендации специалистов в данной предметной области. Возможности интернета позволяют увеличить объём исходной информации, подключая к решению задачи экспертов, проживающих в различных городах и даже странах, и, следовательно, осуществить более качественный выбор наилучших альтернатив.

Проведение экспертного опроса является одним из самых сложных этапов процесса принятия решений. В случае если ЛПР не удовлетворяют полученные в ходе работы системы результаты, необходимо предусмотреть возможность полностью или частично изменить входную информацию, т.е. предусмотреть неоднократное возвращение к этапу получения и корректировки экспертной информации.

Опрос экспертов обычно проводится с целью получения однородной непротиворечивой информации с заранее заданными свойствами. Такую информацию можно непосредственно использовать для построения агрегированного упорядочения. Если опрос экспертов не позволяет выявить однородную информацию (каждый эксперт предоставляет информацию в произвольном, разрозненном виде), то необходимо дополнительно использовать процедуры согласования полученной информации.

Предполагается, что экспертная информация может быть получена в следующем виде:

- 1) попарное сравнение альтернатив;
- 2) ранжирование альтернатив (строгое или нестрогое);
- 3) выбор наилучших альтернатив;
- 4) задание числовых оценок альтернатив.

Наиболее распространённым и в то же время трудоёмким является процесс попарного сравнения альтернатив.

При сравнении двух альтернатив a_i и a_j эксперт должен осуществить выбор одного из предложенных вариантов ответа:

- 1) альтернатива a_i предпочтительнее альтернативы a_j ;
- 2) альтернатива a_j предпочтительнее альтернативы a_i ;
- 3) альтернативы a_i и a_j равноценны;
- 4) альтернативы a_i и a_j несравнимы.

Если эксперт выбирает ответ 1, то в матрице предпочтений $R^t = \|r_{ij}^t\|$ ($t=1, \dots, m$) элемент

$r_{ij}^t = 0$; $r_{ji}^t = 1$; при выборе ответа 2: $r_{ij}^t = 1$;

$r_{ji}^t = 0$; при выборе ответа 3: $r_{ij}^t = r_{ji}^t = \frac{1}{2}$; при

выборе ответа 4: $r_{ij}^t = r_{ji}^t = 0$. Элементы матрицы

смежности \bar{R}^t соответствующего графа при выборе ответов 1, 2, 4 совпадут с элементами матриц предпочтений; при выборе ответа 3 элементы, равные $\frac{1}{2}$, в матрице смежности заменяются на 1. Заметим, третий вариант ответа отсутствует при формировании отношения строгого порядка.

В ходе проведения опроса может возникнуть ситуация, в которой полученная от эксперта информация окажется противоречивой, т.е. в формируемом отношении предпочтения будет существовать противоречивый контур. Для того чтобы этого не случилось, необходимо к полученным в результате опроса отношениям предъявить такое естественное требование, как транзитивность. Обеспечение транзитивности формируемого в ходе опроса отношения позволит сократить количество задаваемых эксперту вопросов (количество сравниваемых пар альтернатив). Например, получив информацию о том, что альтернатива a_1 менее предпочтительна, чем альтернатива a_2 , и альтернатива a_2 менее предпочтительна, чем альтернатива a_3 , по транзитивности получим a_1 менее предпочтительна, чем a_3 . Если же предложить эксперту сравнить альтернативы a_1 и a_3 , он может ответить, что a_3 менее предпочтительна, чем a_1 , или эти альтернативы равноценны. И в том, и другом случае получим противоречивый контур в отношении предпочтения данного эксперта.

Чтобы обеспечить непротиворечивость отношения, необходимо в ходе проведения опроса к формируемой матрице смежности \bar{R}^t ($t=1, \dots, m$) неоднократно применять процедуру взятия транзитивного замыкания. Было доказано, что транзитивное отношение всегда непротиворечиво. Кро-

ме того, в результате этой процедуры для n альтернатив число вопросов с $\frac{n^2 - n}{2}$ может быть уменьшено до $n - 1$. Например, для $n = 4$ нужно задать $\frac{n^2 - n}{2} = 6$ вопросов. Но ответив всего на три вопроса и получив матрицу смежности вида

$$\bar{R}^t = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

применим процедуру взятия транзитивного замыкания. Матрица смежности примет вид

$$\bar{R}^t = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Шесть единиц вместо трёх.

Для большого числа альтернатив результат ощутим ещё сильнее: при $n=100$ получим $\frac{n^2 - n}{2} = 4950$ вопросов. Это количество можно сократить вплоть до $n - 1 = 99$ вопросов.

Возникает вопрос: нужно ли применять операцию взятия транзитивного замыкания к матрице смежности после каждого сравнения пар альтернатив? Ответ на него даёт следующее утверждение.

Утверждение 1. Можно выбрать первые $n - 1$ вопросов о сравнении альтернатив таким образом, что при применении процедуры взятия транзитивного замыкания $n - 1$ раз (после каждого вопроса) или один раз после последнего вопроса получим одну и ту же матрицу смежности формируемого отношения предпочтения.

Следующее утверждение обобщает утверждение 1 для случая задания произвольных по счету вопросов.

Пусть каждая альтернатива из подмножества $\bar{A} = \{a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ik}\}$ ($\bar{A} \subseteq A$) не сравнима ни с одной альтернативой множества A .

Утверждение 2. При применении процедуры взятия транзитивного замыкания $k - 1$ раз после каждого сравнения произвольной альтернативы $a_i \in A$ с альтернативами $a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ik}$ или один раз после последнего вопроса получим одну и ту же матрицу смежности формируемого отношения предпочтения.

В этом утверждении, как и в предыдущем, каждый раз в сравнении участвует новая альтернатива, которая ранее ни с какой альтернативой не была сравнима. Поэтому процедуру взятия тран-

зитивного замыкания можно применить всего один раз вместо $k - 2$.

Утверждение 3. Добавление к транзитивному отношению информации 1—4 о сравнении двух ранее не сравниваемых альтернатив не приводит к получению противоречивого контура.

Таким образом, процедуру взятия транзитивного замыкания первоначально достаточно применить после сравнения $(n - 1)$ пары элементов, например, после сравнения одного из элементов со всеми остальными. Количество применений процедуры взятия транзитивного замыкания на следующих этапах зависит от числа несравнимых альтернатив (утверждение 2).

Для определения альтернатив из подмножества $\bar{A} = \{a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ik}\}$ ($\bar{A} \subseteq A$), не сравнимых ни с какой альтернативой из множества A , будем использовать следующее утверждение.

Пусть $R = \|r_{ij}\|$ — матрица смежности порядка n произвольного отношения ρ на множестве A . Вектор $S = (s_1, s_2, \dots, s_n)$ — n -мерный вектор с компонентами, вычисляемыми по следующей формуле:

$$s_i = \sum_{j=1}^n (r_{ij} + r_{ji}).$$

Утверждение 4. Если i -й элемент вектора S равен нулю ($s_i = 0$), то альтернатива $a_i \in \bar{A}$.

Следующий тип экспертной информации — ранжирование. Ранжирование альтернатив осуществляется просто: каждой альтернативе ставится в соответствие её порядковый номер. Равноценные альтернативы получают один и тот же номер.

И, наконец, эксперт может указать, во сколько раз одна альтернатива предпочтительнее другой или поставить каждой альтернативе в соответствие числовую оценку — неотрицательное действительное число.

3. ЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Основные этапы процесса принятия решений, а также их взаимосвязь, отражены на схеме, представленной на рис. 1.

На этапе ввода исходных данных и их обработки система ЛПР формирует множество альтернатив, множество критериев и при необходимости множество экспертов. Размерность массивов входных данных ограничивается только объёмом оперативной памяти.

ЛПР может задать весовые коэффициенты важности критериев и коэффициенты участия экспертов в построении агрегированного упорядочения. В системе предусмотрена возможность

вычисления коэффициентов важности критериев в диалоговом режиме с ЛПР. С этой целью выявляются точки безразличия, соответствующие равноценным альтернативам, которые затем аппроксимируются прямой. Тангенс угла наклона прямой безразличия равен отношению коэффициентов важности двух критериев. Весовые коэффициенты, характеризующие компетентность экспертов, могут быть вычислены системой на основе профиля их индивидуальных предпочтений.



Рис. 1

Список экспертов заполняется последовательным добавлением в систему. Данные отображаются в панели экспертов: идентификационная информация, коэффициент участия эксперта. Затем система запрашивает информацию об индивидуальных предпочтениях экспертов: попарное сравнение альтернатив, ранжирование альтернатив, численные оценки. По результатам опросов строятся матрицы индивидуальных предпочтений. Информацию конкретного эксперта можно

получать в удобное для него время независимо от других экспертов.

На основе полученных от ЛПР и экспертов предпочтений строится агрегированное отношение, из которого согласно описанным в работах [1, 2] алгоритмам удаляются все дуги, принадлежащие каким-либо противоречивым контурам и имеющие наименьший вес до тех пор, пока отношение не станет непротиворечивым. Затем альтернативы ранжируются по предпочтительности и выбираются наилучшие из них.

Система интерактивная: в случае получения неудовлетворительного результата предусмотрена возможность возвращения на любой предыдущий этап работы. Программы реализованы на языке Java. Это позволяет выполнять приложения на любом устройстве, поддерживающем виртуальную машину (даже на КПК или мобильным телефоне).

В дальнейшем планируется организовать работу системы на сайте, что позволит привлечь экспертов и пользователей, находящихся практически в любой точке Земли.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложена интеллектуальная система поддержки процесса принятия решений. В основе работы системы – оригинальные алгоритмы непротиворечивого агрегирования экспертных и многокритериальных предпочтений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смерчинская С. О. Интеллектуальная система поддержки группового выбора // Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования». М.: Издательский дом МЭИ, 2012. С. 113—114.
2. Смерчинская С.О., Яшина Н.П. Интеллектуальная система поддержки многокритериального выбора // Труды международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования». М.: Издательский дом МЭИ, 2014. С. 279—282.
3. Смерчинская С.О., Яшина Н.П. Агрегирование предпочтений в многокритериальных задачах // Вестник МАИ. 2013. № 2. Т. 20. С. 219—225.
4. Смерчинская С. О. Интеллектуальная система поддержки группового выбора // Научное обозрение. 2013. № 2. С. 149—154.

S.O. Smerchinskaya, N.P. Yashina

svetlana_os@mail.ru; nina_p_yashina@mail.ru
National Research University « MAI », Moscow

INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEM

SUMMARY

Intelligent Decision Support System allows us to solve complex problems algorithmically optimal choice with a lot of background information. The developed algorithms justified: used mathematical apparatus of the theory of relations, graph theory, numerical methods. Offered as an intelligent system designed to solve practical engineering problems, and for conducting laboratory studies and seminars on the courses «Mathematical theory of decision-making», «Discrete Mathematics», «Theory of optimization».

САПР — ОСНОВА ГРАФИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ

АННОТАЦИЯ

Обсуждается применение проектно-целевого подхода в высшем профессиональном образовании, в том числе в рамках предметной подготовки. Приведены инновации, сопровождающие современную проектно-конструкторскую деятельность, а также выявлены возможности отражения современных технологий проектирования в рамках базовой графической подготовки студентов. Авторы анализируют возможности использования метода проектов и проектных технологий при обучении студентов младших курсов. Приводятся образовательные технологии, имеющие различный уровень погружения в проектную деятельность, организованную в рамках графической подготовки в Пермском национальном исследовательском политехническом университете. Обоснованы требования индивидуализации и вариативности применяемых образовательных процедур.

ВВЕДЕНИЕ

Вводная часть доклада. Заголовок данного раздела не нумеруется. Рекомендуемый объём введения около 500 символов. Заголовок данного раздела не нумеруется. В последние годы бурное развитие компьютерной техники способствует активному продвижению современных информационных технологий во все сферы жизнедеятельности и производства. Цифровые технологии 3d-печати, 3d-сканирования, 3d-моделирования и 3d-визуализации становятся основой высокотехнологичного производства, они позволяют сократить производственные затраты и сроки проектирования, обойти технологические ограничения и повысить качество и конкурентоспособность выпускаемой продукции. Информационные технологии принципиально изменили проектно-конструкторскую деятельность и внесли значительные коррективы в разработку проектно-конструкторской документации, включая её создание и контроль. Взамен бумажным чертежам в традиционной форме конструкторской документации появился электронный формат представления — электронные чертежи и 3d-модели, на смену технологии графического проектирования в 2d-формате пришли 3d-технологии геометрического моделирования. Стандартами установлена новая терминология: электронная модель детали (ЭМД), электронная модель сборочной единицы (ЭМСЕ), электронная структура изделия и др. Электронные прототипы и 3d-печать способствуют распространению технологий быстрого прототипирования.

Традиционно базовая графическая подготовка студентов, осуществляемая на младших курсах, состояла в последовательном изучении разделов начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графики. Сегодня ситуация изменяется, актуальным становится применение интегративного подхода [1], при этом существенно меняется роль компьютерной графики. Она становится не только предметом изучения, но и средством обучения, ядром базовой графической подготовки студентов. Компьютерная графика является эффективным механизмом развития пространственное мышление у обучаемых. Инструментальная подготовка студентов к широкому использованию САД-систем при решении учебных задач и выполнении проектных заданий способствует в формировании у будущих выпускников конструкторско-технологической компетенции, что соответствует современным требованиям к профессиональной деятельности конструктора-проектанта [2].

1. ПРОЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ УЧЕБНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Стремительное развитие современного производства и автоматизированных цифровых технологий обостряет проблему подготовки специалистов инженерного профиля, способных при минимальных сроках профессиональной адаптации осуществлять свою деятельность на уровне последних достижений в области науки и техники. В этой связи выдвигается тезис о том, что проблемно-ориентированное и проектно-организованное обучение является одним из наиболее эффективных инновационных форм обновления учебного процесса [3]. Необходимость реализации в системе профессионального образования проектно-целевого подхода, разработки и внедрения технологий проектного обучения отмечена также на официальном уровне в Программе развития образования РФ на 2016—2020 годы [4].

Предметное обучение по дисциплинам общетехнического и профессионального циклов должно осуществляться в среде и формах, наиболее близких к реальной профессиональной деятельности, происходить как своеобразное погружение в будущую сферу производственных интересов, что и будет способствовать эффективному овладению практическими навыками и связанным с ними

теоретическим материалом. Как отмечено в [5], системное использование проектных технологий в деятельности студента, когда учебный процесс проектируется как система учебных проблемных ситуаций, задач и комплексных заданий, постепенно приближает обучение к профессиональному прототипу, заданному в реальной модели деятельности специалиста.

Основная цель базовой графической подготовки студентов технических вузов — формирование готовности осуществлять проектно-конструкторскую деятельность в соответствии с запросами сегодняшнего дня. Сегодня на первый план выдвигается задача поиска инновационных форм обучения, соответствующих современным проектным и производственным технологиям или даже опережающих их.

На кафедре «Дизайн, графика и начертательная геометрия» ПНИПУ проводится большая работа по созданию базы практико-ориентированных заданий, способствующих развитию у студентов культуры проектно-конструкторской деятельности. Задания предусматривают совместное использование проектных технологий и современного инструментария компьютерных средств реализации, что соответствует потребностям и перспективным тенденциям развития процессов проектирования и производства. Актуальные проектные задания ориентируются на концептуальную технологию 3d-проектирования, когда на основе геометрического моделирования в графической САД-системе создается виртуальная 3d-модель детали или сборочной единицы; строятся ассоциированные чертежи в соответствии с техническим заданием; путём 3d-печати получают образцы отдельных деталей или сборочной единицы в целом [6]. Задания выполняются в рамках аудиторных практических и лабораторных занятий в компьютерных классах кафедры, а также самостоятельной работы студентов.

В качестве основного инструментария моделирования виртуальных объектов в учебном процессе используется САПР Компас-3D (v.15), широко известная и достаточно развитая. Она удовлетворяет всем требованиям геометрического моделирования, необходимым для выполнения проектных заданий в рамках базовой графической подготовки студентов.

Первоначальные проектные задания выполняются студентами на основе тренажной технологии по заранее разработанному алгоритму с использованием рациональных приёмов и технологических возможностей осваиваемой графической системы. Для продвинутых студентов предусматривается творческая часть задания по проектированию дополнительных элементов конструкции или улучшению её эстетических качеств, она выполняется студентом самостоятельно. Данный подход позволяет достичь базового обя-

зательного результата проектирования всеми студентами, а лучших студентов стимулирует проявлять дополнительную творческую активность.

Последующие задания требуют от студента составления собственного алгоритма действий, но предполагают разработку несложной модели и небольшой объём выполняемой проектной работы. Проектные задания высокого уровня сложности носят комплексный характер, учитывают направление подготовки студентов и относятся к области будущей профессиональной деятельности, а также требуют от студента дополнительных знаний профессиональной направленности, уже освоенных инженерно-графических компетенций и творческого подхода.

При разработке программы реализации графической подготовки и создании методического сопровождения предусмотренных форм обучения студентов системно и последовательно увеличивается доля проектной составляющей в учебных задачах и заданиях по мере освоения разделов образовательной программы. В работе [6] приведена системная последовательность применения проектных технологий с учётом уровня погружения студентов в проектную деятельность.

2. РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ПРОЕКТОВ В РАМКАХ ГРАФИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ

Теоретической базой графической подготовки студентов в вузе является изучение разделов начертательной геометрии. Здесь за основу концепции проектно-ориентированного обучения взято положение о возможности включения основополагающих геометрических алгоритмов в технологию создания абстрактных трёхмерных объектов методами визуально-образного 3d-моделирования. Речь идёт о синтезе основ начертательной геометрии и современного инструментария виртуального 3d-моделирования [7]. Такой синтез стимулирует мыслительную деятельность обучаемого и одновременно прививает навыки работы с 3d-моделью. Кроме того, в проектном подходе учитывается и личностная составляющая. В зависимости от индивидуальной готовности и собственных амбиций, мотивации к саморазвитию и потребности в величине рейтинговой оценки учебных достижений студент может выбрать уровень сложности задания, вариативность постановки задачи, алгоритм её реализации.

На рис. 1 приведён пример практико-ориентированной задачи геометрического моделирования с использованием САПР. В данном задании студенты отрабатывают тему построения сопряжений в графической системе и самостоятельно выполняют процедуры визуализации виртуальной модели [8].

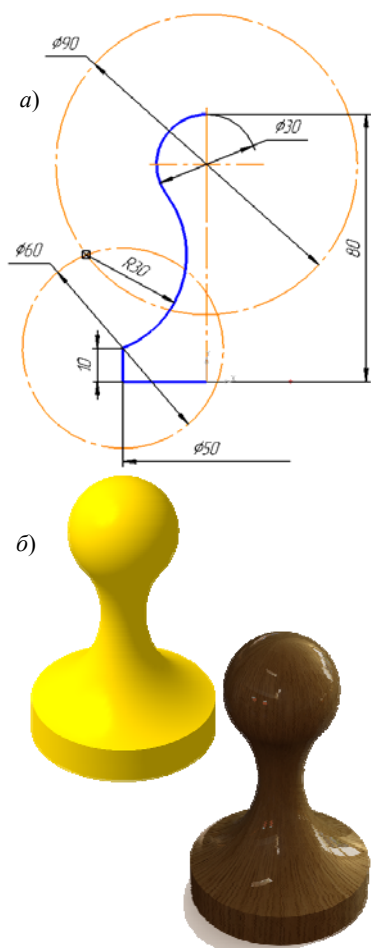


Рис. 1. Проектирование шахматной фигуры: *а* — виртуальное создание модели в САПР; *б* — варианты визуализации

Работа над учебными проектами предполагает использование алгоритмов геометрического моделирования в САПР при создании твёрдотельных моделей структурных составляющих технического изделия, разработку ассоциативных чертежей, сборку и получение реального макета объекта с использованием 3d-принтера. Результатом выполнения проектной работы студентов является, как правило, полный комплект электронной документации, содержащий достаточные сведения для изготовления и контроля проектируемого изделия. При этом компьютер значительно расширяет возможности технологической постановки технических заданий, позволяя использовать в обучении задачи исследовательского типа разного уровня сложности с анализом проекционных, конструкторских, технологических ситуаций. Такие задачи по своей направленности и практической значимости приближаются к реальным производственным задачам, а компьютерные технологии позволяют интенсифицировать практический этап обучения, укладываясь в рамки выделяемых учебной программой часов.

На рис. 2 приведён пример выполнения студентами специализированного проекта как завершающего этапа базовой графической подготовки в вузе.

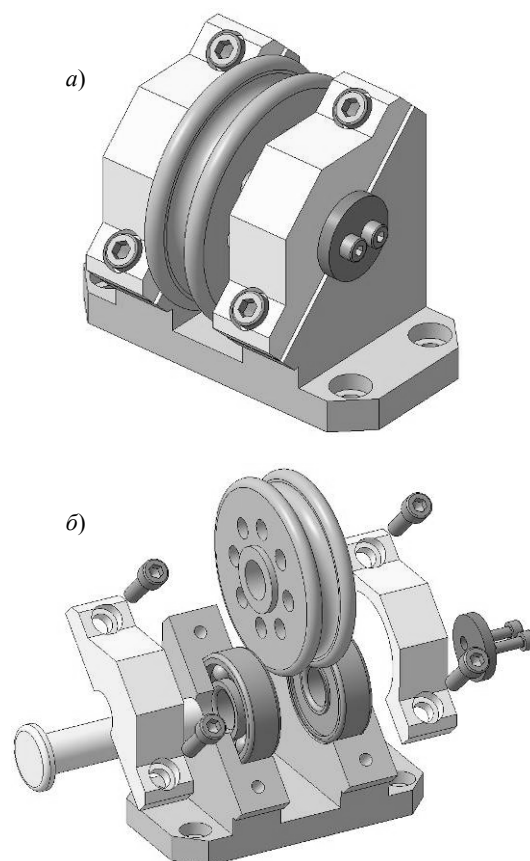


Рис. 2. Результат проектирования блока роликового: *а* — модель сборочной единицы; *б* — модель сборочной единицы в разнесённом виде

Техническое задание: разработать комплект конструкторской документации на сборочную единицу «Блок роликовый». Составные части сборочной единицы: основание, прижим, валик, ролик, фиксатор. Также требуется выполнить подбор стандартных деталей из библиотеки — крепежей и подшипников.

Состав проектной документации:

- 1) 3d-модели составных частей изделия;
- 2) ассоциативные чертежи деталей;
- 3) 3d-сборка изделия;
- 4) ассоциативный чертёж сборочной единицы;
- 5) 3d-печать структурных составляющих проекта.

Подобные проекты являются практически универсальными для целей геометро-графической подготовки студентов за счёт своей вариативности. Например, перечислим некоторые из возможностей постановки проекта:

- 1) изменение конструкции под любой уровень сложности;
- 2) изменение объёма задания в зависимости от выделенных часов на выполнение;
- 3) изменение требований к комплекту конструкторской документации на выходе. Например, введение подборок для усложнения процесса подготовки КД при создании спецификации и ассоциативных чертежей;

4) изменение количества участников выполнения проекта — от одиночного исполнения до коллективного (в составе двух-трёх студентов).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрены пути совершенствования базовой графической подготовки студентов технических вузов, отражающей современные технологии проектирования. Авторы считают, что в данной работе наиболее важными и интересными являются следующие положения.

1. Представлена методика использования САПР, основывающаяся на синтезе базовых геометрических знаний, навыков проектной деятельности и современного инструментария визуально-образного моделирования.

2. Предлагаемые инновации способствуют интеграции различных разделов графической подготовки студентов, позволяют полноценно использовать потенциал компьютерной графики при разработке современных программ обучения.

3. У студентов одновременно развиваются компетенции в области геометрического моделирования, и совершенствуется инструментальная подготовка, развивается творческое мышление и повышается компетентностный потенциал для будущих конкурентоспособных разработок в области проектно-конструкторской и технологической деятельности [9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гилязова С.Р., Старшинова Т.А. Интегративный подход в преподавании графических дисциплин // Высшее образование в России. 2013. № 1. С. 99—104.

2. Минин М.Г., Захарова А.А., Сафьянников И.А., Вехтер Е.В. Организация процесса подготовки бакалавров техники и технологии к проектно-конструкторской деятельности // Высшее образование в России. 2013. № 5. С. 106—113.
3. Дульзон А.А. Опыт проблемно-ориентированного и проектно-организованного обучения // Высшее образование в России. 2010. № 10. С. 42—48.
4. Концепция федеральной целевой программы развития образования на 2016—2020 годы. URL: <http://government.ru/docs/16479/> (Дата обращения: 25.06.2015).
5. Вербицкий А.А. Проблемы проектно-контекстной подготовки специалиста // Высшее образование сегодня. 2015. № 4. С. 2—8.
6. Столбова И.Д., Александрова Е.П., Носов К.Г. Метод проектов в организации графической подготовки. // Высшее образование в России. 2015. № 8—9. С. 22—31.
7. Александрова Е.П., Носов К.Г., Столбова И.Д. Геометрическое моделирование как инструмент повышения качества графической подготовки студентов // Открытое образование. 2014. № 5 (106). С. 20—27.
8. Столбова И.Д., Александрова Е.П., Носов К.Г. Геометрическое моделирование как составляющая компьютерного дизайна // Дизайн. Теория и практика. 2014. № 17. С. 61—75.
9. Столбова И.Д., Шахова А.Б., Носов К.Г. Формирование инструментальных компетенций в ходе графической подготовки студентов технических вузов // «Информатизация инженерного образования ИНФОРИНО—2014»: Труды международной научно-методической конференции. М.: Издательский дом МЭИ, 2014. С. 159—160.

I.D. Stolbova, K.G. Nosov

stolbova.irina@gmail.com; designprosu@gmail.com
Perm National Research Polytechnic University, Perm

CAD — BASIS OF GRAPHIC TRAINING OF STUDENTS

SUMMARY

Application of design and target approach in higher professional education, including within subject training is discussed. The innovations accompanying up-to-date technologies of projecting-engineering activity are given and also possibilities of reflection of up-to-date design technologies within basic graphic training of students are revealed. The authors analyze the possibility of using the method and design technologies in teaching students of initial courses. The represented educational technologies that have a various level of immersion in the project activities; it is organized in the ranges of graphical training in the Perm National Research Polytechnic University. Requirements of an individualization and variability of the applied educational procedures are proved.

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС ПРИ ПОДГОТОВКЕ БУДУЩИХ ИНЖЕНЕРОВ

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются теоретико-методические основы внедрения инновационных технологий в образовательный процесс при подготовке инженеров. Выделены основные психолого-педагогические аспекты инновационной деятельности преподавателя. Основным содержанием инновационных образовательных процессов является творческая инновационная деятельность преподавателя, сущность которой заключается в обновлении педагогического процесса, внесении в него творческих изменений. Одним из актуальных аспектов инновационной деятельности является владение и активное использование преподавателями методов самопознания, самооценки и саморазвития, педагогической рефлексии. Преимущества применения инновационных технологий перед традиционным обучением в том, что при их применении меняются функции преподавателя и студента. Внедрение инноваций в процесс обучения предполагает психологическую готовность к ним слушателей как субъектов образовательного процесса, наличие у них определённого инновационного потенциала. Инновационные технологии связаны с повышением эффективности обучения и воспитания и направлены на конечный результат образовательного процесса — подготовку высококвалифицированных специалистов.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях образовательных реформ особое значение приобретает инновационная деятельность, направленная на введение различных педагогических новшеств. Они охватили все стороны дидактического процесса: формы его организации, содержание и технологии обучения, учебно-познавательную деятельность, альтернативные идеи и приёмы решения задач [1].

Принципиальные изменения в содержании общего среднего образования и высшего инженерного образования, введение профилирования в старших классах обусловили необходимость оперативного внедрения мероприятий для разработки новой методики подготовки будущих инженеров и технологов и создание соответствующего научно-методического обеспечения учебно-воспитательного процесса в высших учебных заведениях. Важнейшими общетеоретическими положениями, которые способствуют разработке содержания профессионально-педагогической подготовки в целом, являются научные педагогические концепции инженерного образования и воспитания [2—4].

В этих условиях педагогу необходимо ориентироваться в широком спектре современных инновационных технологий, идей, школ, направлений, не тратить время на открытие уже известного, а использовать весь арсенал педагогического опыта. Сегодня быть педагогически грамотным специалистом нельзя без изучения всего спектра образовательных технологий. Современные педагогические технологии должны носить инновационный характер.

Теоретические и практические аспекты внедрения инновационных технологий в образовательный процесс при подготовке будущих инженеров рассматривали в своих исследованиях Коберник, Корец, Малыхин, Стешенко и др.

Целью исследования является обоснование необходимости внедрения инновационных технологий в систему современного образования при подготовке инженерных кадров.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Инновация понимается как нововведение в области техники, технологии, организации труда и управления, основанное на использовании достижений науки и передового опыта; конечный результат инновационной деятельности.

Инновационные технологии можно интерпретировать как наборы методов и средств, поддерживающих этапы реализации нововведения.

Можно выделить следующие виды инновационных технологий:

- внедрение;
- тренинг;
- консалтинг;
- аудит;
- инжиниринг и другие.

К инновационным технологиям обучения относят: интерактивные технологии обучения, технологии проектного обучения и компьютерные технологии.

Создание и использование инновационных образовательных технологий, способствуют гуманизации образования, развитию общества. Инновация в образовании ведёт непосредственно к развитию отдельного человека, его личностных качеств, формированию его мировоззренческой культуры, индивидуального опыта, творчества.

Содействие развитию образовательных инноваций в Украине осуществляется на государственном уровне. Законом Украины «Об инновационной деятельности» в рамках инновационной политики Украины закрепляются порядок государственного регулирования в сфере инновационной деятельности, правовой режим объектов инноваций и порядок государственной регистрации инновационных проектов, основы экономического регулирования инновационной деятельности.

В современной научной литературе особое внимание сосредоточено на том, что инновационные подходы к обучению студентов должны быть системными и охватывать все аспекты учебной работы при подготовке будущих специалистов. В этом аспекте необходимо переосмысление теоретических и практических подходов к содержанию образования, профессионально-педагогической подготовке преподавателей, разработке новых технологий и методов обучения [1, 5].

Внедрение психолого-педагогических инноваций в сферу образования возможно при выполнении ряда подготовительных работ [2, 6, 7]:

- разработки инновационных технологий с привязкой их к конкретным темам;
- обеспечения вариативности содержательной части обучения в соответствии с запросами различных групп слушателей;
- введения дифференцированного подхода к обучению;
- совершенствования материально-технической базы;
- разработки и внедрения системы мотивации преподавателей, стимулирующей их к внедрению инновационных форм обучения;
- разработки и внедрения (с систематическим проведением мониторинга) системы оценки эффективности обучения.

Задачи, поставленные перед будущим инженером, требуют переориентации и совершенствования отдельных звеньев учебно-воспитательного процесса по его совершенствованию. При обучении студентов следует осуществлять переход от информационно-разъяснительного обучения к деятельному, развивающему. Это прежде всего [8—10]:

- исключение методов принуждения к обучению и использование таких методов, которые вовлекают студентов в трудовую деятельность, вызывая чувство развития;
- формирование личной ответственности студентов за трудовую деятельность, веры в возможность преодоления трудностей;
- идеи опережения, что ускоряет развитие сильных, наиболее способных студентов;

- использование технологии обработки материалов, помогающей усваивать главные существенные понятия, связи, значительно увеличивать объём осваиваемого материала при резком снижении нагрузки на студента;

- соответствие формы деятельности и её содержания;
- использование таких форм контроля и оценки знаний, которые ориентированы на обучение без принуждения (тестовые задания, карточки-задания, защита творческих проектов);
- самоанализ, коллективное творческое самоуправление.

Успешность планирования, организации и осуществления образовательной деятельности во многом зависит от психолого-педагогических условий и методического сопровождения.

Целесообразно выделить основные психолого-педагогические аспекты.

В первую очередь, это психологическая готовность к применению всеми субъектами нововведений учебного процесса. Нередко при внедрении образовательных инноваций в учебных заведениях на первый план выдвигаются технические и организационные вопросы, а подготовка к инновациям, в первую очередь преподавателя и, в определённой степени, слушателя идёт на периферию внимания руководителей [7, 10].

Важным условием инновационного процесса и объективной необходимостью в инновационной деятельности педагога является творчество. Поэтому основу и содержание инновационных образовательных процессов составляет творческая инновационная деятельность преподавателя, сущность которой заключается в обновлении педагогического процесса, внесении в него творческих изменений [1, 8]. Занятия будут более эффективными, если на них будут использоваться различные формы обучения, если у слушателей будет возможность не только слушать, но и смотреть визуальные материалы, задавать вопросы, практиковаться на оборудовании, обсуждать различные рабочие ситуации и важные проблемы [2].

Одним из актуальных аспектов инновационной деятельности является владение и активное использование преподавателями методов самопознания, самооценки и саморазвития, педагогической рефлексии, необходимых для выработки оптимального индивидуального стиля педагогической деятельности [5].

В этом смысле инновационная технология понимается как системный метод проектирования, реализации, оценки, коррекции и последующего воспроизведения образовательно-воспитательного процесса, характерными чертами которой являются: диагностическое формулирование целей; ориентация всех учебных процедур на га-

рантированное достижение целей и оперативную обратную связь; оценка текущих и итоговых результатов; воспроизводимость учебно-воспитательного процесса [1, 2].

С целью повышения качества подготовки специалиста, активизации познавательной деятельности студентов, раскрытия творческого потенциала, организации учебного процесса с высоким уровнем самостоятельности преподавателю при подготовке будущего инженера целесообразно применять в работе такие образовательные технологии, как личностно-ориентированное обучение, проблемное обучение, тестовые формы контроля знаний, блочно-модульное обучение, метод проектов, кейс-метод, кредитно-модульная система оценки, обучение в сотрудничестве, разноуровневое обучение, проведение бинарного занятия, дистанционное обучение, применение новейших информационно-коммуникационных технологий.

Научно-педагогическими сотрудниками Бердянского государственного педагогического университета активно внедряются и используются инновационные технологии обучения студентов, в частности:

- внедрение интерактивных методов обучения с использованием ИКТ;
- использование деловых игр, проблемных ситуаций при проведении семинарских и лабораторных занятий;
- проведение тренингов;
- создание компьютерно-ориентированных методов обучения;
- разработка тестовых заданий для текущего и итогового контроля знаний студентов;
- разработка программных средств учебного и научного назначения, электронных учебников, пособий и методических материалов.

Мониторинг качества усвоения студентами учебных дисциплин основывается на учебном рейтинге каждого студента, который понимается как интегральный индекс или комплексный показатель качества знаний студента. Данный показатель должен характеризовать уровень знаний, умений и навыков студента по учебной дисциплине, а также систематичность его учебно-познавательной деятельности, активность, самостоятельность и творчество.

Студентам начисляются поощрительные баллы за участие в олимпиадах, конкурсах научных студенческих работ, вынесение докладов во время конференций и семинаров, подготовку научных статей, выполнения задач по совершенствованию дидактических материалов по дисциплине и так далее.

Интегральный рейтинг (итоговый) учитывается при рекомендации студентов для продолжения

обучения в магистратуре/аспирантуре, при трудоустройстве на предприятия, фирмы, в учебные заведения.

Такой подход к оцениванию рейтинга студента имеет ряд преимуществ:

- происходит активизация учебно-познавательной деятельности студента и повышается его учебная мотивация;
- формируются такие черты личности, как самостоятельность, инициативность, развиваются творческие способности;
- благодаря реализации принципов системности и систематичности повышается качество знаний и умений;
- обеспечиваются точность и объективность оценивания учебно-познавательной деятельности студентов;
- уменьшается риск психологических, эмоциональных и физических перегрузок студентов;
- благодаря элементам природной конкуренции обеспечивается адаптация выпускников вузов к требованиям рынка труда;
- появляются новые факторы поощрения студентов к учебно-исследовательской и научно-исследовательской работе, творческой учебно-познавательной деятельности.

Таким образом, процесс профессиональной подготовки будущих инженеров строится на основе системного подхода, который предусматривает интеграцию знаний и умений, общих и специальных компетенций. В результате применения такого подхода осуществляется взаимосвязь между учебными дисциплинами как по структурным, так по функциональным компонентам, используются инновационные технологии обучения, которые способствуют усвоению знаний, умений и навыков и трансформацию их в ориентированную основу деятельности.

Преимущества применения инновационных технологий перед традиционным обучением в том, что при их применении меняются функции преподавателя и студента, преподаватель становится консультантом-координатором (а не выполняет информационно-контролирующую функцию), а студентам предоставляется большая самостоятельность в выборе путей усвоения учебного материала.

Инновационные технологии дают широкие возможности дифференциации и индивидуализации учебной деятельности.

Инновационная деятельность преподавателя включает личностную переработку имеющихся образовательных проектов, их самостоятельную интерпретацию; поиск инновационной информации; профессионально-мотивированный анализ собственных возможностей по созданию или освоению инновации; формулировку целей и об-

щих концептуальных подходов к применению нововведения; прогнозирование средств достижения целей, результатов инновационной деятельности; разработку плана внедрения инноваций; введение инновационных действий в педагогический процесс; осуществление контроля и коррекции внедрения [8].

Кроме того, внедрение инноваций в области обучения предполагает и психологическую готовность к ним слушателей как субъектов образовательного процесса, наличие в них определённого инновационного потенциала, толерантности к нововведениям, креативности и творческого мышления [10].

Вовлечённость слушателей в инновационную деятельность заключается прежде всего в их активном участии в процессе обучения. Слушатели должны иметь возможность высказывать свои предложения об организации учебного процесса и его содержании, корректировать содержание отдельных тем или видов занятий, активно участвовать в творческих дискуссиях и других групповых занятиях, решении текущих практических задач [9].

Сейчас ведётся интенсивный поиск и внедрение новых форм и методов обучения студентов. В связи с этим основными задачами, которые должен ставить перед собой современный преподаватель, являются следующие: проведение обучения в интерактивном режиме; повышение интереса студентов к изучаемой дисциплине; приближение процесса обучения к практике повседневной жизни: формирование навыков коммуникации, адаптация к быстро меняющимся условиям жизни, социализация, повышение психологической стрессоустойчивости, обучение навыкам урегулирования конфликтов и т.д. [2, 5, 9]. Таким образом, основная задача качественно новой образовательной системы сводится к достижению устойчивого интереса студентов к учебному предмету, к самообразованию ещё с первых курсов обучения, а также привлечение к научным поискам. Для этого необходимо настраивать систему психологического мышления студентов: уметь получать знания, осваивать будущую профессию, принципы безопасности трудовой деятельности. Студент как будущий специалист должен понимать, каким образом, получив профессиональные навыки, он сможет применить их в практической деятельности. Именно инновационные методы и технологии должны помочь преподавателю в решении поставленных задач [8].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Инновационные технологии связаны с повышением эффективности обучения и воспитания и направлены на конечный результат образовательного

процесса — подготовка высококвалифицированных специалистов, имеющих фундаментальные и прикладные знания; способность успешно осваивать новые, профессиональные области, гибко и динамично реагировать на меняющиеся социально-экономические условия; обладание высокими моральными и гражданскими качествами в условиях инновационного образовательного пространства.

Перспективы дальнейших поисков состоят в определении современных инновационных технологий при подготовке будущего инженера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Информационные** технологии в инженерном образовании / под ред. С.В. Коршунова, В.Н. Гузнецова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007.
2. **Новый** подход к инженерному образованию: теория и практика открытого доступа к информационным и техническим ресурсам / Ю.В. Арбузов, В.Н. Леньшин, С.И. Маслов и др. М.: Центр-Пресс, 2000.
3. **Информатизация** образования: направления, средства, технологии / под общ. ред. С.И. Маслова. М.: Издательство МЭИ, 2004.
4. **Очков В.Ф., Яньков Г.Г.** Комплекс «справочник + сайт интернета» и проблема передачи знаний // Труды Академэнерго. 2009. № 1. С. 71—82.
5. **Информатизация** инженерного образования: электронные образовательные ресурсы. Вып. 5 / сост.: Т.И. Болдырева, А.И. Евсеев, Б.Р. Липай и др.; под общ. ред. С.И. Маслова. М.: Издательский дом МЭИ, 2011.
6. **Богдан И.Т.** Инновационные процессы в современном образовании как результат развития новой образовательной парадигмы / Фундаментальные исследования. 2007. № 12. С. 480—481.
7. **Панфилова А.П.** Инновационные педагогические технологии: Активное обучение: учебное пособие. — 2-е изд. М.: Академия, 2009. 298 с.
8. **Кауненко М.В., Никитин А.А.** Тенденции развития инновационных образовательных процессов применительно к обучению в области охраны труда / Охрана и экономика труда. 2011. № 1 (2). С. 49.
9. **Розина И.Н.** Компьютерно-опосредованная коммуникация: конструирование и адаптация в образовании / [Электронный ресурс]. URL: http://ifets.ieee.org/russian/depositary/v9_i2/html/4.html
10. **Державний стандарт базової і повної загальної середньої освіти** / Постанова Кабінету міністрів України за № 1392 від 22 листопада 2011 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1392-2011-p#n9>
11. **Сидоренко В.К.** Проектно-технологічний підхід як основа оновлення змісту трудового навчання школярів / Трудова підготовка в закладах освіти. 2004. № 1. С. 2—4.
12. **Субетто А.И.** Методология стандартизации непрерывного образования: Проблемы и пути их разрешения. М.; СПб.: Исслед. центр проблем качества подготовки специалистов, 1998. 70 с.
13. **Терещук А.І., Дятленко С.М.** Методика організації проектної діяльності старшокласників з технологій: метод. посіб. для вчителів, навч. прогр., варіат. Модулі. К.: Літера ЛТД, 2010. 128 с.
14. **Тхоржевський Д.О.** Методика трудового та професійного навчання: підруч. У 3 ч. К.: РННЦ

- «ДІНІТ», 2000 – 2001. Ч. 1: Теорія трудового навчання. – 248 с.; Ч. 2: Загальні засади методики трудового навчання. – 186 с.; Ч. 3: Методика технічної праці у 5—9 класах. 219 с.
15. **Драйден Гордон.** Революція в навчанні. Навчити світ вчитися по-новому. М.: Парвіне, 2003. 670 с.
16. **Сісоєва С.О.** Теоретичні и методичні основи підготовки вчителя до формування творчої особистості учня: Автореф. ... докт. пед. наук: 13.00.04. К.: Інститут педагогіки и психології професійної освіти АПН України, 1997. 35 с.

Y.A. Suchikova

yanasuchikova@mail.ru

Berdyansk State Pedagogical University, Berdyansk, Ukraine

THEORETICAL AND METHODOLOGICAL ASPECTS OF THE INTRODUCTION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN THE EDUCATIONAL PROCESS AT TRAINING OF FUTURE ENGINEERS

SUMMARY

The article discusses the theoretical and methodological foundations of innovative technologies in the educational process in the preparation of the engineers. The basic psychological and pedagogical aspects of innovative activity of the teacher. The main content of innovative educational processes is the creativity and innovation of the teacher, the essence of which is to upgrade the educational process, incorporated in it by the creative changes. One of the important aspects of innovative activity is the ownership and use of active teachers to self-knowledge, self-esteem and self-development, pedagogical reflection. The advantages of using innovative technologies to traditional learning that vary in their application function of the teacher and the student. Innovation in the learning process involves psychological preparedness of students as subjects of the educational process, that they have a certain innovation potential. Innovative technologies are associated with an increase in the effectiveness of training and education, and focus on the end result of the educational process - preparation of highly qualified specialists.

КОМПЛЕКСНАЯ ГРАФИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены комплексные методики графической подготовки в инженерном образовании, позволяющие студентам приобрести профессиональные навыки использования информационных технологий, в том числе современных средств компьютерной графики в своей предметной области.

ВВЕДЕНИЕ

При работе с графической информацией в инженерной практике очень часто требуется комплексное применение различных способов создания и представления этой информации. В связи с этим при освоении графических дисциплин и компьютерных программ на кафедре графики Рыбинского государственного авиационного технического университета имени П.А. Соловьёва (РГАТУ) студенты используют одновременно как «ручные» карандашные, так и разнообразные компьютерные методики работы с графикой.

1. ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ КАК РЕЗУЛЬТАТ ОСВОЕНИЯ САД ТЕХНОЛОГИЙ

Графическое образование студентов на первом курсе РГАТУ начинается с освоения дисциплины «Начертательная геометрия. Инженерная и компьютерная графика». Цель изучения раздела «Начертательная геометрия» состоит в том, чтобы развить у студентов пространственное воображение реальных объектов на основе двумерных изображений на плоскости и одновременно научить студентов решать позиционные и метрические задачи. Наряду с использованием традиционных методов решения подобных задач с помощью чертёжных инструментов, применяются методы компьютерной графики на основе применения известных и привычных для студентов геометрических инструментов прикладных компьютерных программ построения изображений (рис. 1).

Более понятные значительному числу студентов компьютерные модели включают как трёхмерные геометрические модели, так и их ортогональные связанные проекции, выполняемые на основе трёхмерных моделей. Этому способствует проведение занятий в РГАТУ в аудиториях, оснащённых компьютерами и наличие у студентов доступного необходимого графического программного обеспечения.

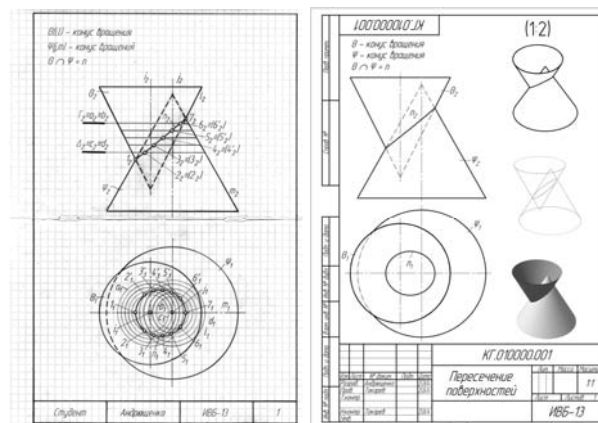


Рис. 1. Пример задания раздела «Начертательная геометрия» в «карандашном» и компьютерном исполнениях

В разделе «Инженерная графика» студенты изучают способы разработки конструкторских документов с использованием методов начертательной геометрии и требований к их оформлению, которые регламентированы государственными стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД). Основное внимание в данном разделе уделяется различным методам разработки конструкторских документов с целью приобретения студентами навыков использования норм и требований ЕСКД к графическим и текстовым конструкторским документам (чертежу общего вида, чертежу детали, электронной модели изделия, сборочному чертежу, спецификации) в части оформления изображений, размеров, обозначений и технических требований.

Компьютерная графика пронизывает весь учебный процесс освоения дисциплины «Начертательная геометрия. Инженерная и компьютерная графика». В зависимости от специфики образовательных программ направлений бакалавриата и специалитета на кафедре графики РГАТУ студентам предлагаются для разработки электронных конструкторских документов, регламентированных стандартами ЕСКД, программные продукты наиболее известных компаний АСКОН (КОМПАС), Autodesk (AutoCAD, Inventor, 3ds MAX) и Siemens (NX Unigraphics), которые позволяют решать в электронном виде задачи всех этапов проектирования, изготовления и поддержки жизненного цикла изделия.

Как правило, изучение студентами дисциплины заканчивается индивидуальными творческими исследовательскими работами, участием в

различных конкурсах и выполнением курсовой работы [1, 2].

Знания, которые получают студенты при изучении дисциплины «Начертательная геометрия. Инженерная и компьютерная графика», служат основой для выполнения расчётов конструкций изделий (CAE), разработки техпроцессов производства этих изделий (CAM) и управления проектами (PDM, PLM, MRP) в специальных дисциплинах, изучаемых на последующих курсах университета.

В РГАТУ в основном обучаются студенты, учитывающие возможность трудоустройства на конкретных предприятиях Рыбинска, где закуплены у одной или нескольких фирм и применяются различные графические компьютерные программы. Такие студенты заранее знают о необходимости предварительной специализированной профессиональной подготовки для работы в конкретной графической программе. Поэтому на кафедре графики РГАТУ обеспечивается работа курсов, а также самостоятельная подготовка студентов и преподавателей по освоению необходимых графических программ, и затем осуществляется сдача сертификационных экзаменов.

В частности, сертификация по компьютерным программам Autodesk проводится в соответствии с соглашением и договором между РГАТУ и дистрибьютором компании Autodesk Академией АйТи. В 2013—2015 годах проведено более 30 различных сертификационных экзаменов, реализованных в форме компьютерных тестов Autodesk.

Используемые на кафедре графики РГАТУ методики графической подготовки являются основой для формирования профессиональных компетенций: способность и готовность использовать информационные технологии, в том числе современные средства компьютерной графики в своей предметной области, готовность участвовать в разработке проектной и рабочей технической документации, оформлении законченных проектно-конструкторских работ в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами.

B.A. Tokarev, J.P. Shevelev,

tokarev@rsatu.ru

Soloviev Rybinsk State Aviation Technical University, Rybinsk

COMPLEX GRAPHIC PREPARATION IN ENGINEERING EDUCATION

SUMMARY

It reviews an integrated methods of graphic preparation in engineering education to enable students to acquire the skills of information technology, including modern means of computer graphics in their subject area.

desk: 3ds Max 2012 Certified Associate, Inventor 2012 Certified Associate, 3ds Max 2013 Certified Professional, 3ds Max 2014 Certified Professional, Inventor 2014, Certified Professional, AutoCAD 2014 Certified Professional и Autodesk 3ds Max 2015 Certified Professional (рис. 2).

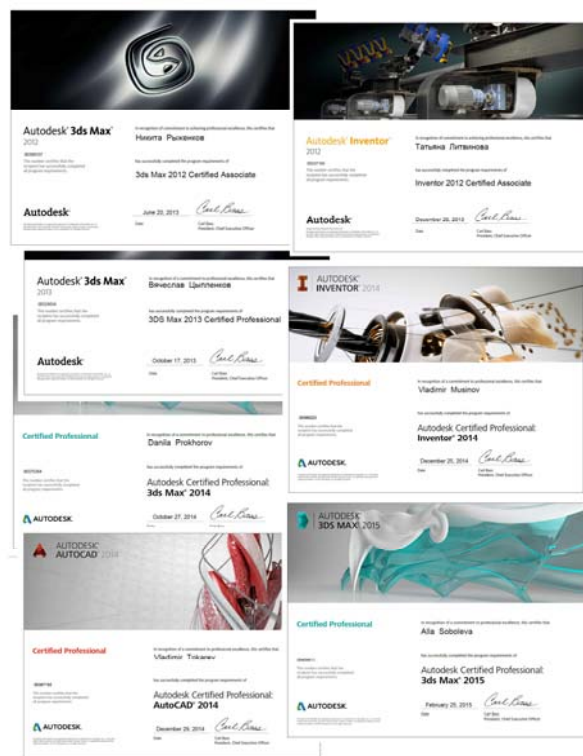


Рис. 2. Типы сертификатов Autodesk, полученных в РГАТУ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Токарев В.А., Шевелев Ю.П.** Комплексное применение графических программ при разработке геометрических моделей // Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования — ИНФОРИНО—2014». М.: Издательский дом МЭИ, 2014. С. 165—166.
2. **Токарев В.А., Шевелев Ю.П.** Творческие задачи в дисциплине «Инженерная и компьютерная графика» // Труды XXII Международной научно-технической конференции «Информационные средства и технологии». В 3-х т. Том 2. М.: Издательский дом МЭИ, 2014. С. 76—82.

УПРАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ОРГАНИЗАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕХАНИЗМОВ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

АННОТАЦИЯ

Тема доклада посвящена построению системы информационной безопасности (ИБ) организации с использованием механизмов управления качеством. Это позволит создать единую систему управления качеством корпоративной информационной систем и системы ИБ.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время эффективность бизнеса во многом определяется не только уровнем организации системы менеджмента информационной безопасности (СМИБ), но и качеством её функционирования. Под качеством системы управления информационной безопасностью понимается наличие реализованной и эффективной политики управления информационной безопасностью, процедур контроля и механизмов управления СМИБ.

Существующее нормативно-правовое обеспечение ориентировано в основном на создание систем управления, при этом создание системы качества информационной безопасностью не рассматривается.

Поэтому данное направление исследований является актуальным.

Основная цель исследования — это разработка системы менеджмента информационной безопасности с использованием механизмов управления качеством на основе стандартов серии ГОСТ ИСО 9000 «Система менеджмента качества».

1. ОРГАНИЗАЦИЯ СМИБ И ОСНОВЫ ЕЁ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Существующие нормативно-правовые документы и стандарты ориентированы на постоянную модернизацию систем информационной безопасности (СИБ) на основе циклического процесса управления. Обеспечение требуемого качества СИБ основывается на анализе некоторых периодически повторяющихся в системе событий (инциденты, угрозы, атаки и др.), количества повторяющихся инцидентов, статистике обнаруженных системами ИБ. СИБ организации должна быть управляема на основе существования СМИБ в целях полноценного функционирования организации, обеспечения безопасности её информационной среды. Это позволяет создать определённые условия для успешного бизнеса.

Управление информационной безопасностью в любой организации представляет собой слож-

ный комплекс профилактических и восстановительных мер контроля и управления, направленных на обеспечение непрерывности важных процессов с целью минимизации негативных воздействий, а также восстановление после утраты или «порчи» информационных активов организации. Основным звеном в обеспечении непрерывности бизнеса являются мероприятия, направленные на обеспечение устойчивости к воздействию широкого диапазона внешних и внутренних угроз.

Система менеджмента информационной безопасности предназначена для безусловного функционирования всех важных процессов бизнеса: в случае чрезвычайных ситуаций или последствий сбоев информационных систем, отказов в обслуживании и потери доступности к информации, вследствие чего могут быть нарушены условия для бизнеса и привести к утрате активов организации. СМИБ должна стать основной частью всего процесса обеспечения непрерывности бизнеса.

Серия стандартов ГОСТ ИСО/МЭК 27000 даёт рекомендации к созданию СМИБ на основе «процессного подхода», как это показано на рис. 1.

Аспекты информационной безопасности в контексте обеспечения непрерывности бизнеса должны основываться на выявлении событий, которые могут стать причиной прерывания бизнес-процессов организаций, включая отказы оборудования, ошибки оператора, кражи, пожары, стихийные бедствия и терроризм.

Следующим аспектом обеспечения непрерывности бизнеса является планирование, определяющее уверенность в доступности и безопасности информации или информационных систем. Планы должны иметь определённого владельца, включать в себя процедуры реагирования на случай чрезвычайных ситуаций — планы по переходу на аварийный режим, планы по восстановлению и возобновлению работы.

Завершающим аспектом непрерывности бизнеса являются тестирование всех процессов, оборудования, средств, услуг поставщиков (договорных обязательств) для обеспечения уверенности в их актуальности и эффективности в целях обеспечения непрерывности бизнеса. Таким образом, основой для создания и полноценного функционирования СИБ является реализованная по ГОСТ ИСО/МЭК 27000 СМИБ.

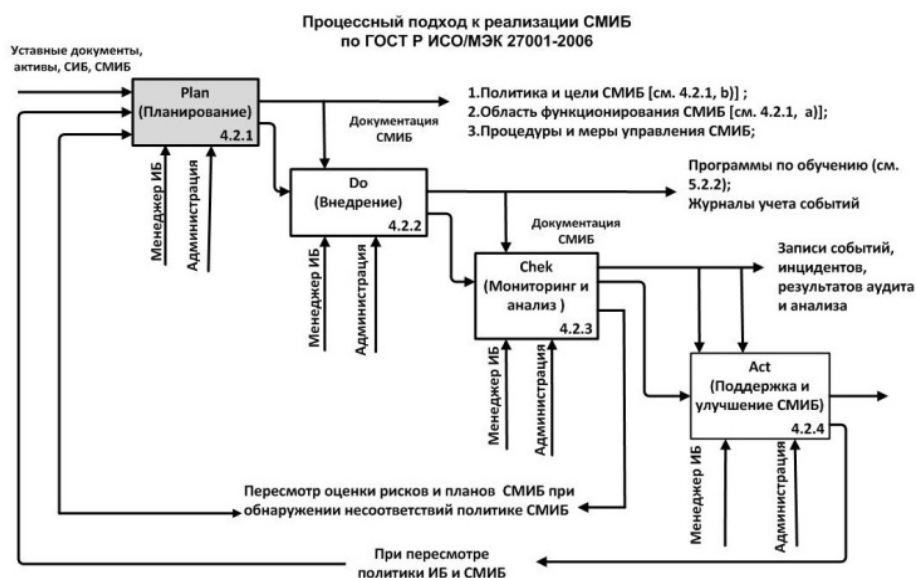


Рис. 1. Процессная модель СМИБ

2. АНАЛИЗ ДОКУМЕНТОВ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИХ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СМИБ

Целью построения системы менеджмента информационной безопасности является выбор мер по управлению безопасностью, предназначенных для защиты информационных активов и гарантирующих доверие заинтересованных сторон. Система менеджмента информационной безопасности предназначена для безусловного функционирования всех важных процессов бизнеса: в случае чрезвычайных ситуаций или последствий сбоев информационных систем, отказов в обслуживании и потери доступности к информации, вследствие чего могут быть нарушены условия для бизнеса и утрачены активы организации. СМИБ должна стать основной частью процесса обеспечения непрерывности бизнеса и быть в высокой степени управляемой. Таким образом, необходимо объединять требования к менеджменту информационной безопасности и поддерживать процессы непрерывности бизнеса, основываясь на применении лучших практик в области создания и функционирования СМИБ на основе государственных стандартов.

СМИБ предполагает выполнение зафиксированных процедур, жёстко регламентированных регуляторами ФСТЭК, ФСБ, Роскомнадзором, что исключает облегченную процедуру сертификации. В свою очередь, СМК предполагает механизмы облегченной сертификации. Поэтому в первую очередь нужно проводить аттестацию СМИБ на соответствие требованиям СМК. Процесс аттестации должен включать в себя два этапа: самообследование (внутренний аудит) и привлечение экспертов или консалтинговых услуг с целью получения сертификационных подтвер-

ждений на соответствие СМИБ требованиям СМК.

Необходимо провести исследование по определённым положениям СМИБ и СМК параллельно, чтобы убедиться в положительных изменениях. Например, при закупке оборудования, по предотвращению утечек конфиденциальной информации большая часть вопросов решается только на этапе «Создание», не учитывая процессов на этапах «Внедрение», «Сопровождение» и «Улучшение». Необходимо регулярно отслеживать статистику и проводить оценку работы на всех этапах жизненного цикла организации или информационных технологий.

Создание и внедрение СМК продемонстрируем на примере.

Внедрение технических (программных) решений с большой вероятностью приведёт к изменению показателей СМИБ, например количеству инцидентов безопасности в системе.

При применении новых технологий прослеживается скачок числа инцидентов, после чего количество инцидентов постепенно снижается, как это показано на рис. 2.

На рис. 3 показано, что до применения новых технологий прослеживается общая стабильность инцидентов за год, которые были выявлены неэффективными способами или даже остались незамеченными, что приводит к утрате активов и говорит о плохой работе СМИБ или её отсутствии.

Целью ГОСТ ИСО/МЭК 27000-2006 «Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности» является создание управляемой ИБ, т.е. решение технических вопросов, включающих в себя совокупность средств контроля доступа к информации (физических, логических, административных) и поддержку процедурами СМИБ. Конечной целью

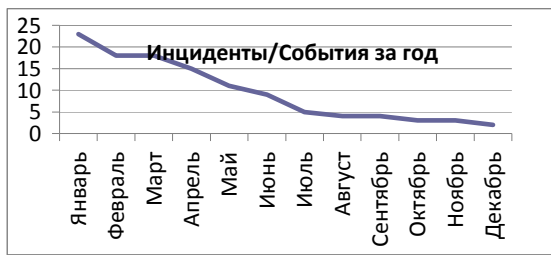


Рис. 2. Статистика инцидентов после внедрения технического решения



Рис. 3. Статистика инцидентов до внедрения технического решения

в стандартов серии ГОСТ ИСО 9000 является удовлетворение потребителей и всех заинтересованных сторон. Из вышеизложенного можно заключить, что чёткого документа в области эффективного обеспечения безопасности информационной среды и конкретной сертификации нет,

есть ряд стандартов, дополняющих друг друга, в результате чего выстраивается эффективная, устойчивая и управляемая СМИБ с применением СМК.

3. СОЗДАНИЕ УСЛОВИЙ РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ЗА СЧЁТ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СМИБ

Организация должна создать оптимальную производственную среду для развития СМИБ. Необходимым является создание средств управления информационной безопасностью (УИБ) за счёт разработки и внедрения документации, а значит, содержать описание всех функций, документированных процедур, обоснования, кем они будут использоваться и убеждения высшего руководства в их необходимости.

Недостатком ГОСТ ИСО/МЭК серии 27000 является недостаточная формализация и отсутствие чётких документированных процедур.

Современным подходом является создание в организации СМК и приведение всех процессов к единообразию. Осуществление процедуры сертификации на соответствие требованиям позволяет дополнить недостаток формализации.

На рис. 4 показаны этапы организации процедуры сертификации.

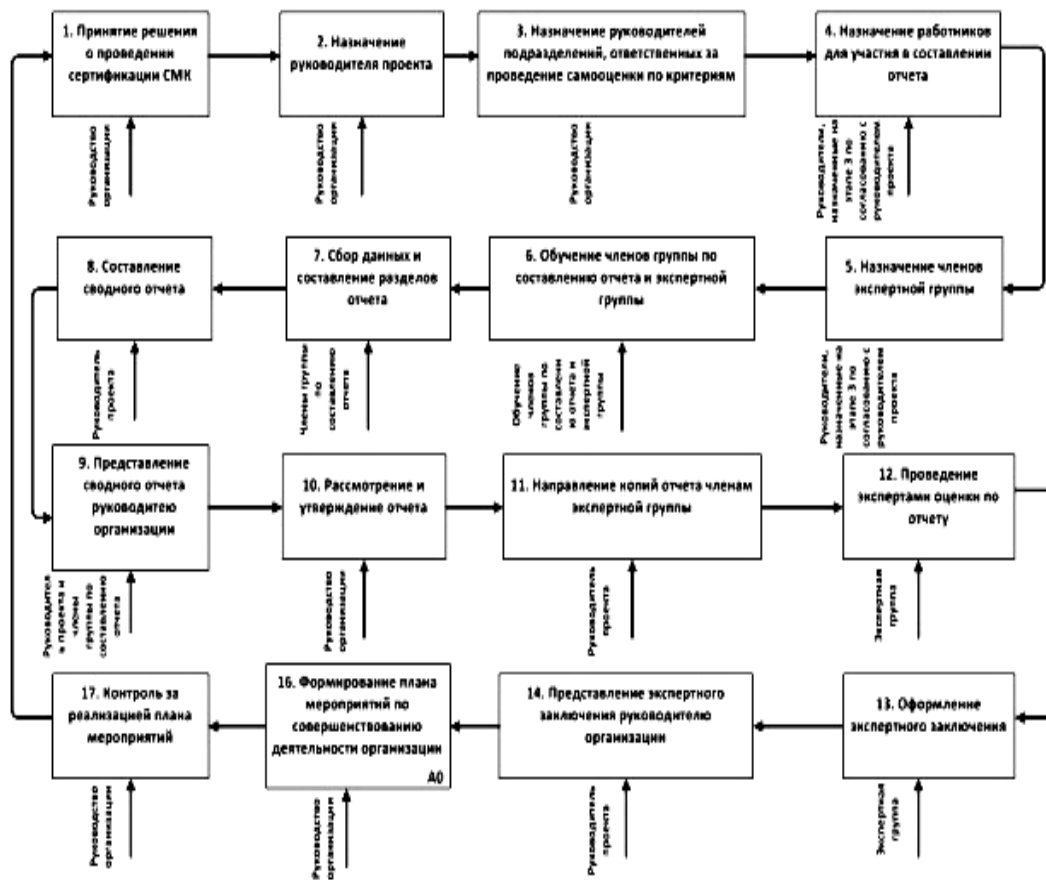


Рис. 4. Процесс сертификации

Сертификация СМК является добровольной, что упрощает процедуру по сертификации организации на соответствие требованиям технических стандартов. Государственным органом исполнительной власти, выдающим сертификат соответствия или декларацию, является Федеральная служба по техническому надзору.

Необходимым является проведение аттестации СМИБ на соответствие требованиям СМК, включающей в себя самообследование (внутренний аудит) и привлечение консалтинговых услуг. Работа элементов СМИБ должна поддерживаться всеми заинтересованными сторонами, т.е. должны учитываться мнения всех лиц, участвующих в процессе. Это могут быть отзывы пользователей (потребителей) и рекомендации. Как показано на рис. 4, каждый критерий имеет свой вес в общей оценке, выраженной в процентах. Наибольшая суммарная оценка по данной модели составляет 1000 баллов, наибольшие оценки в баллах по каждому критерию показаны на рис. 5.

Необходимо разработать документацию СМИБ организации в соответствии с требованиями СМК. Это значит, что в организации должны быть актуальны:

- записи об анализе со стороны руководства;
- записи для предоставления свидетельств соответствия требованиям и результативного функционирования СМК;
- записи соответствия жизненного цикла (ЖЦ) продукции требованиям к продукции;
- записи об оценке, отборе, повторной оценке закупленной продукции;

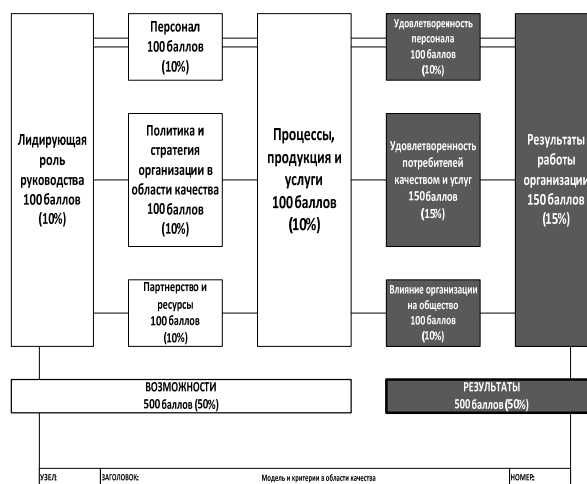


Рис. 5. Модель в области качества

- записи мониторинга и измерений на всех стадиях ЖЦ продукции;
 - записи оповещений потребителей, результатов калибровки и поверки, записей об аудитах;
 - записи свидетельств соответствия критериям приёмки;
 - записи о характере несоответствий и любых действиях;
 - записи результатов предпринятых действий.
- Все записи должны поддерживаться в рабочем состоянии и управляться. Все типовые шаблоны документов СМИБ — памятки, политики по ИБ, частные политики, положения, должностные обязанности — должны быть нормированы по требованиям СМК.

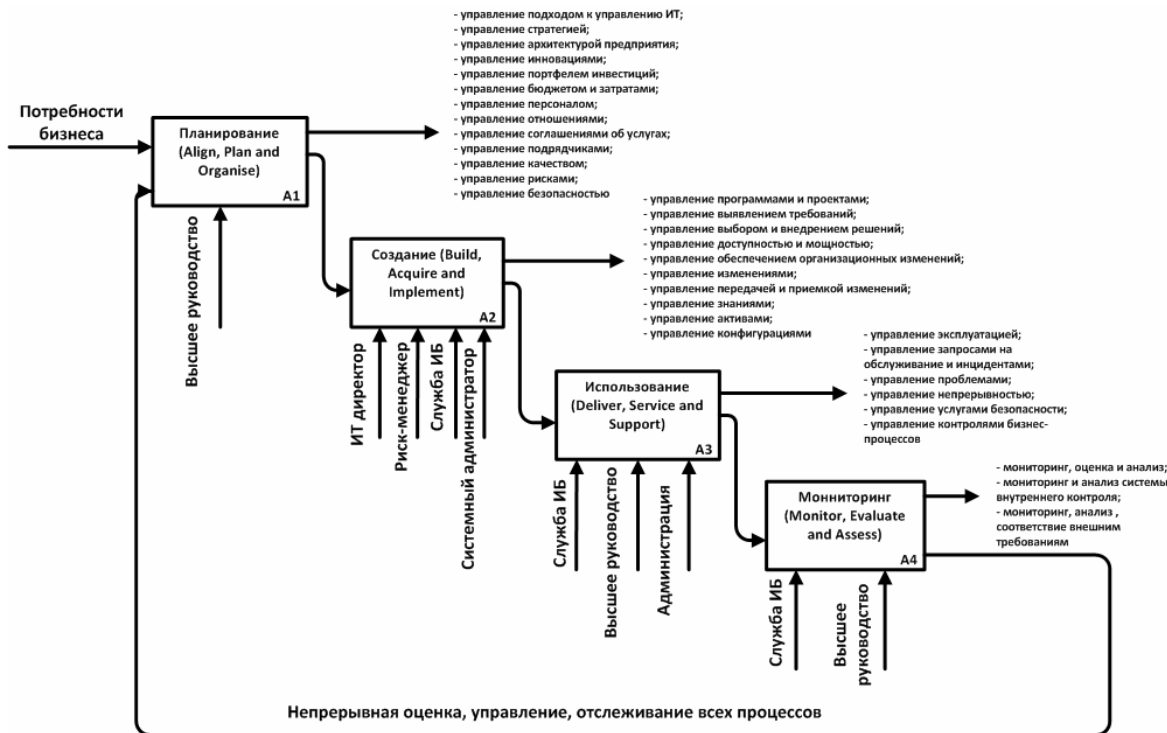


Рис. 6. Процессная модель Cobit 5

Cobit 5 (рис. 6) указывает на необходимость ИТ-решений как неотъемлемой части бизнес-проектов, организационных структур, управления рисками, политик, навыков, процессов и т.д.

Каждый процесс имеет свой уровень зрелости для совершенствования процессов (т.е. оценки текущего состояния, определения целевого состояния и выявления расхождений.)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Менеджмент качества, как любая другая система менеджмента, предполагает работу, связанную с обработкой документов. Создаётся мнение о том, что в ИБ решаются только технические проблемы, для этого необходимо руководствоваться процедурами в контексте СМИБ. Многие проблемы в области деятельности решаются и ограничиваются на уровне «Создать», а вопросы поддержания не затрагиваются. Это значит, что цели организации не бу-

дут достигнуты без поддержания в актуальном состоянии документов. Работа с документами ведется ежедневно, следовательно, необходимо оперативно реагировать на все изменения таких документов и поддерживать записи в актуальном состоянии.

Чем больше людей вовлечено в такие процессы, тем выше уровень лояльности сотрудников и их ответственности, а следствием этого является получение прибыли для организации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **ГОСТ ИСО/МЭК 27001-2006.** «Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Требования».
2. **СОБИТ 5.0** for Information Security. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.isaca.org/cobit5info-sec> (дата обращения 27.10.2015 г.)
3. **ГОСТ ИСО 9001—2011.** «Системы менеджмента качества. Требования».

L.L. Fedotova, A.Y. Nevskyy

Fedotovall@list.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

INFORMATION SECURITY MANAGEMENT OF THE ORGANIZATION THROUGH THE MECHANISMS OF THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

SUMMARY

The topic of the report is devoted to the construction of the system of information security organization with the use of quality management techniques. This will create a unified system of quality management of enterprise information systems and security system.

СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ ПОСТРОЕНИЮ И ПРИМЕНЕНИЮ МОДЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ

АННОТАЦИЯ

Рассматривается архитектура и методика применения информационно-технологических средств ADACoM, предназначенных для обучения специалистов созданию когнитивных моделей в составе систем управления сложными объектами. Эти средства ориентированы на использование в научных исследованиях и в лабораторных практикумах при инженерной подготовке. Приведён пример применения ADACoM в учебном процессе на кафедре управления и информатики НИУ «МЭИ».

ВВЕДЕНИЕ

Моделирование сложных объектов представляет собой одно из перспективных направлений в создании «интеллектуальных» систем управления. С развитием информационных технологий возрастает интерес к когнитивным моделям (КМ), обладающим целым рядом преимуществ по сравнению с другими видами моделей [1]. Сдерживающим фактором здесь является недостаток квалифицированных специалистов, обладающих опытом построения КМ, и высокая трудоёмкость создания КМ. Поэтому актуальной является разработка средств поддержки обучения специалистов и процесса построения КМ.

1. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Когнитивная модель (КМ) объекта управления — это модель сложного объекта, построенная на основе знаний экспертов о процессах в объекте и представленная в виде графа, в вершинах которого находятся наиболее важные факторы (концепты), характеризующие состояние объекта, а дуги отражают межфакторные связи.

Фактор — величина, отражающая процессы, протекающие в объекте управления. Её значения определяются с помощью некоторых субъективных оценок или с применением аппаратных средств измерения.

Межфакторная связь — характеристика, отражающая наличие взаимного влияния физических процессов в объекте, представленных факторами, участвующими в связи. Понятие связи включает в себя *направление* и *силу связи*, а также может включать *знак связи*.

Направление связи — обусловленное причинно-следственными механизмами направление влияния одних факторов на другие. Направление связи подразделяет факторы в рамках каждой отдельной связи на *влияющие* и *зависимые*.

Сила связи — степень взаимосвязи значений влияющих и зависимых факторов в рамках одной

связи. Сила связи может быть выражена с помощью порядковых значений от «нет связи» до «очень сильная связь» или количественных значений от 0 (нет связи) до 1 (очень сильная связь).

Знак связи — свойство, показывающее характер связи значений влияющего и зависимого факторов. Положительная связь показывает, что большим значениям влияющего фактора, как правило, соответствуют большие значения зависимого фактора и наоборот. В отрицательной связи большим значениям влияющего фактора, как правило, соответствуют малые значения зависимого фактора и наоборот. Эта характеристика может использоваться не для любых видов связей.

Контур в КМ — замкнутая однонаправленная последовательность межфакторных связей.

Процесс построения КМ — последовательность действий эксперта, в результате которой получается формальное описание КМ объекта управления.

Эксперт — специалист в предметной области функционирования моделируемого объекта, знающий и понимающий процессы, происходящие в объекте во время его функционирования, и заинтересованный в создании когнитивной модели.

Средства поддержки обучения — комплекс программных, информационных и методических средств, предназначенных для получения знаний и для выработки практических навыков в отношении объекта обучения.

2. АРХИТЕКТУРА И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОДЕРЖАНИЕ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ

Комплекс средств для обучения построению и применению когнитивных моделей (далее — ADACoM) содержит программные, информационные и методические компоненты. Архитектура программного комплекса, представленная на рис. 1, содержит 7 функциональных и 4 информационных компонентов. Первый компонент обеспечивает идентификацию когнитивной модели и общее управление всеми остальными функциями. При этом каждой КМ присваивается идентификатор, который затем используется в составе имен информационных компонентов, относящихся к данной модели. Формирование структуры КМ осуществляется экспертом и включает описание свойств факторов в составе КМ, а также направлений межфакторных связей, выявленных экспертом в объекте управления. С этого компонента начинается работа по созданию каждой новой КМ.

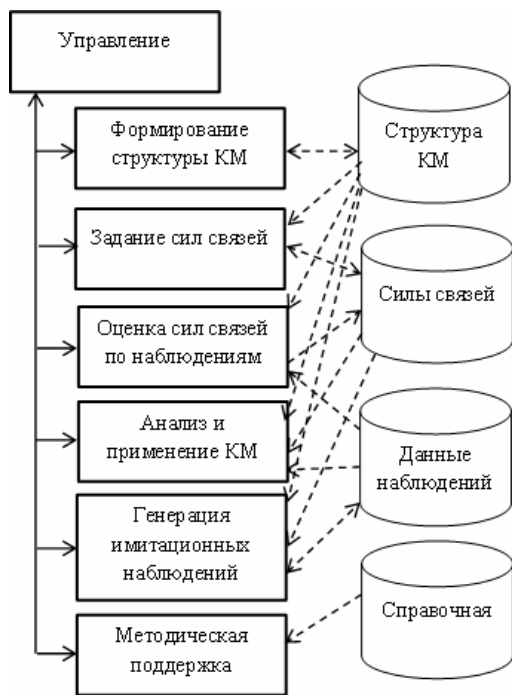


Рис. 1. Архитектура ADACoM

Задание сил связей может осуществляться экспертом на основании его знаний о процессах в моделируемом объекте. Если этих знаний недостаточно или есть сомнения в их достоверности, для определения сил связи могут использоваться наблюдения, сделанные на объекте. При этом применяются статистические методы анализа данных наблюдений, реализованные в компоненте «Оценка сил связей по наблюдениям». В нём обеспечивается спектр аналитических расчётов по данным наблюдений, осуществляется вывод построенной КМ в виде таблицы или графа. Значения факторов в составе КМ могут представляться с помощью разных шкал: количественных, порядковых, номинальных. Поэтому в межфакторных связях могут появиться различные комбинации шкал представления значений факторов, участвующих в связи. Такая комбинация определяет тип меры, которая должна применяться для расчёта оценки силы связи. В компоненте представлены программные реализации методов расчёта таких мер, причём выбор меры осуществляется автоматически в соответствии с известными описаниями свойств факторов. Используются пять основных мер: коэффициент корреляции Пирсона, коэффициент ранговой корреляции Спирмена, коэффициент сопряжённости Пирсона, меры, основанные на расстоянии Бхаттачария и на дисперсионном отношении. Все эти меры по своим свойствам похожи на коэффициент корреляции и их абсолютные значения находятся в диапазоне от 0 до 1, причём значение 0 соответствует отсутствию заметной связи, а значение 1 — сильной связи. Это позволяет с некоторой осторожностью проводить сопоставление сил связей в различных межфакторных связях.

Компонент «Анализ и применение КМ» предназначен для верификации построенной КМ и для её использования в процессе управления объектом. На основе построенной КМ здесь можно прогнозировать наиболее вероятные последствия тех или других воздействий на объект, а также выбрать наилучшие в статистическом смысле воздействия для достижения заданных целей управления. Кроме того, программы этого компонента позволяют выявить в связях КМ контуры, важные для изучения вопроса об адекватности КМ. Также здесь имеется возможность визуально изучить построенную КМ, представив её в виде таблицы или графа, изучить статистические свойства отдельных факторов и их совокупностей по данным наблюдений

Компонент «Генерация имитационных наблюдений» предназначен для получения совокупности данных, с помощью которой может проводиться проверка адекватности КМ объекту управления. Она также может использоваться в учебных целях для приобретения навыков анализа данных наблюдений при построении КМ.

Наконец, компонент «Методическая поддержка» обеспечивает on-line доступ к методическим материалам по применению ADACoM при построении КМ.

3. ОБУЧЕНИЕ ПРОЦЕССУ ПОСТРОЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ КОГНИТИВНОЙ МОДЕЛИ

Для создания полезных КМ необходимо осуществить подготовку специалистов, владеющих методикой построения КМ, а также методами анализа данных, и обладающих навыками корректного применения программных средств поддержки процесса построения моделей. При подготовке могут использоваться обычные средства поддержки теоретического обучения [2]. Для получения практических навыков в лабораторном практикуме должны применяться программные средства поддержки процесса создания и применения КМ [3].

Когнитивная модель объекта управления строится экспертами – специалистами в предметной области функционирования моделируемого объекта. Процесс построения КМ основывается на знаниях экспертов. В тех случаях, когда эксперты уверены в своих знаниях, процесс построения КМ включает следующие этапы:

- 1) выбор совокупности факторов, представляющих, по мнению экспертов, достаточно полное описание состояния объекта в любой момент времени его функционирования;
- 2) выявление наиболее важных межфакторных связей, отражающих взаимодействие процессов, к которым относятся факторы;

3) субъективная оценка сил межфакторных связей с помощью порядковой шкалы (например, слабая, средняя, сильная, очень сильная);

4) визуализация КМ в виде таблицы и графа. Анализ КМ и определение необходимости внесения в неё изменений;

5) выявление контуров в КМ и анализ их «физической» сущности. Определение необходимости внесения изменений в КМ;

6) воспроизведение на КМ некоторых ситуаций и оценка прогнозируемых итогов. Определение необходимости внесения изменений в КМ;

7) опытная эксплуатация КМ.

Прохождение этих этапов возможно без привлечения внешней информации, с использованием только тех знаний, которыми обладают эксперты. Часто при построении КМ эксперты располагают данными наблюдений, отражающих историю функционирования объекта и содержащих реализовавшиеся в прошлом значения всех или части факторов, включённых в КМ. Иногда эти данные могут относиться к достаточно полным аналогам моделируемого объекта. Данные наблюдений могут использоваться экспертами для верификации своих знаний в отношении объекта или для восполнения недостающих знаний.

Наличие данных наблюдений на первом этапе позволит дать подсказку эксперту в виде номенклатуры факторов, представленных в этих наблюдениях. Каждый фактор, включаемый в модель, получает стандартный идентификатор в виде символа «X» и порядкового номера и может сопровождаться обозначением в виде краткого текста, раскрывающего сущность фактора.

На втором и третьем этапах эти данные позволят проверить гипотезы о наличии заметных связей и тем самым подтвердить или опровергнуть связи, указанные экспертом, или выявить не указанные им.

На четвёртом этапе эксперт получает возможность комплексного визуального изучения сформированной им КМ. При этом может, например, выясниться, что некоторые факторы, первоначально включенные в КМ, не имеют связей с другими факторами и потому должны быть из неё устранены. Для этого потребуется вернуться к первому этапу.

На пятом этапе автоматически выявляются контуры в межфакторных связях КМ. Эти контуры могут обуславливать динамические процессы в объекте, и потому их выявление и изучение представляет большой интерес для проверки построенной КМ. Если, с точки зрения эксперта, какие-то контуры не имеют физического смысла, потребуется вернуться к этапу 2.

Для оценки качества построенной КМ на шестом этапе целесообразно проверить их на известных эксперту из прошлой практики ситуациях, возникавших на моделируемом объекте. При

этом задаются имевшие место значения некоторых факторов в КМ, решается задача прогнозирования последствий и результаты сравниваются с теми, которые были получены в рассматриваемой ситуации. Для более точного суждения о качестве модели необходимо рассмотреть несколько таких ситуаций.

После завершения процесса построения КМ она вводится в опытную эксплуатацию. На этом этапе ставится цель получения опыта работы с моделью и выявляется необходимость её совершенствования. При этом основными становятся функции поиска способов достижения заданных значений целевых факторов (задача «Как достичь?») и прогнозирования последствий предполагаемых управляющих воздействий (задача «Что если?»).

4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ

Комплекс средств ADACoM используется в лабораторном практикуме по дисциплине «Системы поддержки принятия решений». Обучение построению КМ в практикуме разделено на два этапа:

- изучение КМ, реализованной в качестве демонстрационной задачи;
- построение КМ для задачи, определённой в индивидуальном задании.

В демонстрационной задаче представлена КМ (рис. 2), описывающая связи учебного процесса с научными исследованиями, проводимыми в вузе.

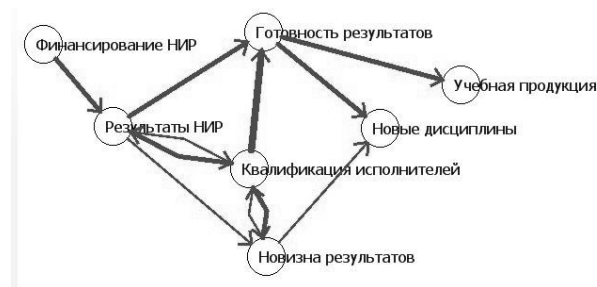


Рис. 2. Демонстрационная КМ

В этой структуре приведены семь факторов и межфакторные связи. Структура сформирована с помощью специальной компоненты в составе ADACoM. С помощью этих средств обучающимся предоставляется возможность получить навыки опытной эксплуатации КМ.

На рис. 3 показан пример решения задачи «Что если?» на демонстрационной КМ. Здесь рассмотрены последствия установки значения порядкового фактора X3 «Квалификация исполнителей», равного 2. В соответствии с КМ на первом этапе это вызовет изменение значений непосредственно связанных с X3 факторов X2 «Результаты НИР», X4 «Готовность результатов» и X5 «Новизна результатов». На втором этапе

Волна	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
1			2.0		4.0	607	705
2		-0.98680		403	4.0	607	705
3							

Рис. 3. Прогнозирование последствий изменения фактора X3 «Квалификация исполнителей»

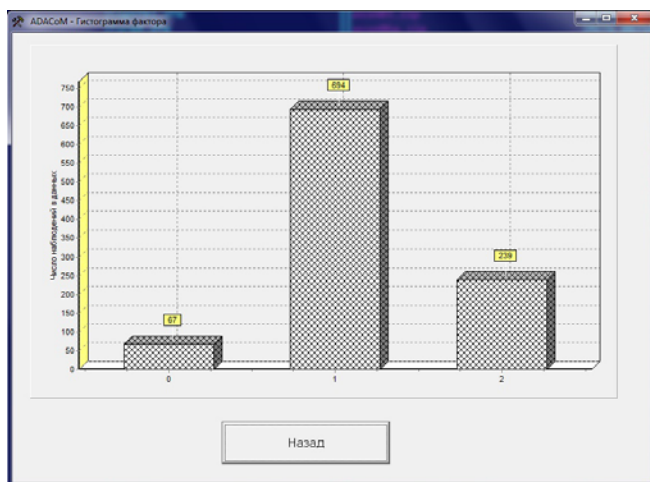


Рис. 4. Пример статистического анализа данных наблюдений при построении модели

развития ситуации это приведёт к изменению факторов X6 «Новые дисциплины» и X7 «Учебная продукция».

При построении КМ с использованием данных наблюдений экспертам потребуется проводить анализ этих данных для изучения свойств факторов. ADACoM предоставляет достаточно большой набор средств такого анализа. Один из примеров показан на рис. 4.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные в докладе средства обучения построению и применению моделей сложных объектов управления в настоящее время используются при проведении лабораторных занятий. В дальнейшем эти средства также предполагается использовать при выполнении студенческих и аспирантских исследовательских работ, а также при подготовке квалификационных работ в магистратуре. Достижимое с их помощью снижение трудоёмкости построения КМ позволяет рассмотреть большее число вариантов решения практических задач и тем самым обеспечить более высокое качество их результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Busemeyer J.R., Diederich A.** Cognitive Modelling. SAGE Publications, 2010.
2. **Полотнов М.М., Фомин Г.А.** Методы построения и использования когнитивных моделей объектов принятия решений: учебное пособие. М.: Изд-во МЭИ, 2014.
3. **Фомин Г.А.** Средства поддержки обучения анализу данных и когнитивному моделированию сложных объектов управления // Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования — ИНФОРИНО—2014». М.: Изд-во МЭИ, 2014. С. 167—168.

G.A. Fomin, M.M. Polotnov

FominGA@mpei.ru; PolotnovMM@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

LEARNING TOOLS TO BUILD AND USE MODELS OF COMPLEX CONTROL OBJECTS

SUMMARY

The Architecture and Application Technique of IT Tools ADACoM for Experts Study in Cognitive Model Building as a Part of Complex Objects Control Systems is considered. These Tools are focused on Use in scientific Investigations and in engineering labs. One Example of ADACoM Use in Learning Process of Control and IT Department in NRU MPEI is described.

ЗАДАЧА ФЕРМА О СФЕРАХ КАК ПРИМЕР ИНФОРМАТИЗАЦИИ ГЕОМЕТРОГРАФИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён актуальной теме информатизации учебного курса начертательной геометрии (НГ) в направлении его замены на современный курс 3D компьютерного геометрического моделирования. Выполнено сравнение алгоритмов НГ и 3D на примере решения исторической задачи Ферма о построении сферы, касательной к четырем заданным сферам. Сравнение выполнено по точности, сложности и эффективности алгоритмов. Приведены примеры решения задачи различными алгоритмами. Сделан вывод о существенном преимуществе алгоритмов 3d и необходимости их активного внедрения в учебный процесс.

ВВЕДЕНИЕ

Современной альтернативой начертательной геометрии (НГ), основанной на проекционных 2D построениях и являющейся теоретической дисциплиной кафедр графики, являются компьютерные методы прямого оперирования 3D моделью [2, 7]. Они активно внедряются в практику, делая ненужными 2D проекционные преобразования. Ввиду эффективности 3D методов сложные задачи курса НГ являются простыми и даже элементарными для новых методов [8].

Возникла актуальная педагогическая проблема: продолжать ли обучать НГ или переориентировать учебный процесс на новые 3D методы. По этой проблеме идёт обширная дискуссия [9].

Цель работы: на примере исторической задачи о сферах П. Ферма дать сравнительную оценку традиционных методов НГ и современных методов 3D.

1. ЗАДАЧА П. ФЕРМА О СФЕРАХ

Задача (1640 г.): построить сферу, касательную к четырем заданным сферам. Исторически известны многочисленные геометрические и аналитические способы её решения [12, с. 69; 6; 1, стр. 189]. Мы рассмотрим два из них. Первый [11] связан с построением гиперboloидов, второй [3, 5] — с построением сфер. Назовем их «способ гипервов» и «способ сфер».

Возможны два варианта касания сфер: внешнее — сферы расположены снаружи относительно друг друга и внутреннее, при котором одна из сфер расположена внутри другой. Количество решений задачи равно количеству комбинаций из четырёх элементов, каждый из которых может иметь два значения, т.е. $4^2 = 16$. В зависимости от взаимного положения заданных сфер часть решений может отсутствовать, или задача может не

иметь решения [1, 11]. Задача существенно упрощается для сфер равного радиуса.

Нами рассмотрен пример, включающий оба варианта касания для сфер различного радиуса (рис. 1, табл. 1). Параметры сфер заданы с учётом наглядности модели и решения.

Построения НГ и 3D выполняли в пакете AutoCAD [2], 3D параметризацию — в пакете SolidWorks.

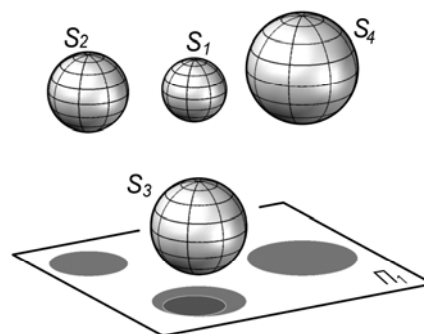


Рис. 1. Заданные четыре сферы

Таблица 1

Параметры сфер

Сферы	Центр			Радиус	Касание
	x	y	z		
S ₁	9	-56	60	20	Внутр.
S ₂	-6	50	30	25	Внутр.
S ₃	16	-50	-35	30	Внешн.
S ₄	116	-10	42	35	Внешн.

2. СПОСОБ ГИПЕРОВ

Геометрическим местом точек (ГМТ), равноудалённых от двух сфер, является одна из чаш двуполостного гиперboloида вращения (ДГВ). Из четырёх сфер можно составить шесть пар. Линии пересечения шести чаш пересекаются в одной точке, которая является центром искомой касательной сферы (см. ниже, рис. 5, б). Для решения достаточно из шести возможных построить чаши ДГВ для трёх произвольно выбранных пар сфер.

2.1. Построение гиперболы

Построение ДГВ выполняется вращением очерковой гиперболы, которая ввиду осевой симметрии определяется планиметрическими построениями. Для построения гиперболы h (рис. 2) как ГМТ, равноудалённых от окружностей c , c^* , находим центры окружностей различного радиуса, касательных к c , c^* . Так, точки 2, 3 определяем как центры окружностей c_2 , c_3 , которые

строим командой пакета AutoCAD. Условия касания назначаем согласно табл. 1. Гипербола h получена при внутреннем касании с окружностью c и внешнем — с окружностью c^* .

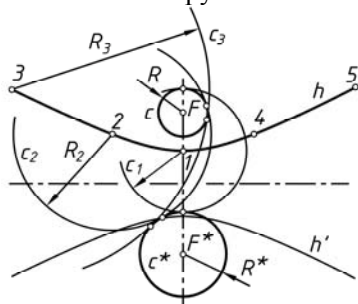


Рис. 2. Построение гиперболы

Для построения гиперболы достаточно найти пять её точек. Точку 1 получаем построением окружности c_1 . Точки 4, 5 — по симметрии точек 2, 3 относительно действительной оси гиперболы. Для точности построения гиперболы следует применить программу [4] или параметризацию [2]. Удовлетворительной точности можно добиться, построив сплайн-кривую «вручную» по 10—15 точкам.

Ветвь гиперболы h' получена по симметрии с h относительно мнимой оси гиперболы. Она соответствует противоположным условиям касания, т.е. внешнему касанию с окружностью c и внутреннему с окружностью c^* . Точки F, F^* являются точками фокусов найденной гиперболы h, h' .

2.2. Пересечение софокусных ДГВ

В общем случае ДГВ пересекаются по пространственной кривой 4-го порядка. Однако если пары сфер, для которых получены ДГВ, содержат общую сферу, например, пары S_1, S_3 или S_1, S_4 , то пересечение ДГВ происходит как софокусных квадрик [10] по коникам, проекции которых на плоскость симметрии вырождаются в прямые линии. Так, при пересечении H_1 и H_2 , образованных гиперболами h_1, h_2 (рис. 3, а), имеющих об-

щую точку фокуса $F_1 = F_1^*$ и директрисы d_1, d_2 , в пересечении ДГВ образуются гиперболы h_3, h_4 . Их плоскости α, β (рис. 3, б) пересекаются по прямой k (рис. 3, в), являющейся линией пересечения директориальных плоскостей ДГВ. Проекции плоскостей α, β на плоскость очерковых гипербол h_1, h_2 определяются точками 1, 2 и 3, 4 пересечения этих гипербол.

2.3. Алгоритм НГ способа гиперов

Рассмотрим две тройки сфер. Первая S_1, S_2, S_4 , вторая S_1, S_3, S_4 . В первой тройке представим два ДГВ: для сфер S_1, S_2 и для сфер S_1, S_4 . Наличие общей сферы S_1 приводит к тому, что эти ДГВ являются софокусными и пересекаются по гиперболе $h(1, 2, 4)$. Числа в обозначениях гипербол обозначают номера сфер, для которых они построены. ДГВ второй тройки, имеющие ту же общую сферу S_1 , пересекаются по гиперболе $h(1, 3, 4)$. Центр искомой общей касательной сферы определяем как точку пересечения $h(1, 2, 4)$ с плоскостью $h(1, 3, 4)$.

Строим фронтальную и горизонтальную проекции заданных сфер (рис. 4, а). Преобразуем чертёж так, чтобы плоскость центров первой тройки сфер стала плоскостью уровня. Это плоскость П4. В ней строим софокусные гиперболы $h(1, 2)$ и $h(1, 4)$ как очерковые для гиперов этой тройки. Построение гипербол (на рис. 4 не показано) выполняем согласно алгоритму (см. рис. 2) с учётом условий касания искомой сферы с каждой из заданных сфер (см. табл. 1).

В плоскости П4 на пересечении гипербол $h(1, 2)$ и $h(1, 4)$ находим точку S_4 . С помощью концентрической сферы S^* с центром в точке I_4 определяем точку b_4 . По точкам 5, 6 определяем плоскость $\Delta \perp$ П4, по которой пересекаются ДГВ первой тройки сфер. Плоскость Δ задаём двумя отрезками $m \cap n$, которые назначаем в плоскости П5 || Δ с учётом наглядности последующих построений.

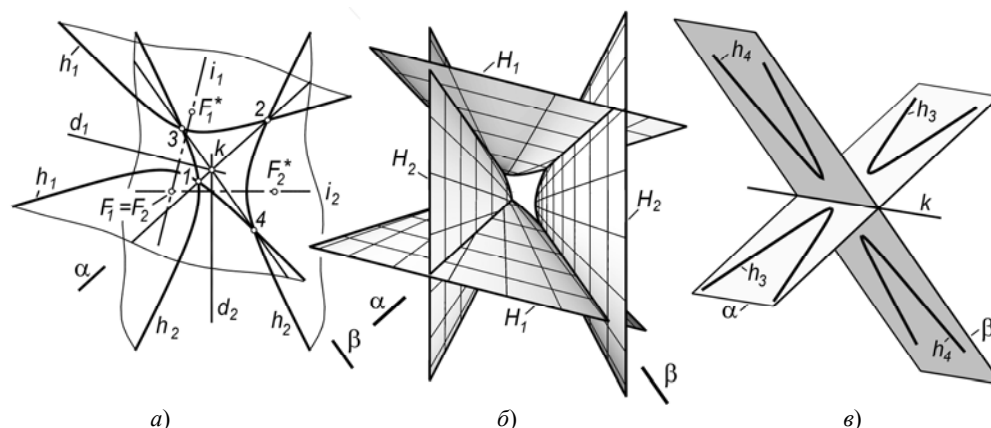


Рис. 3. Пересечение софокусных гиперолоидов: а — очерковые софокусные гиперболы; б, в — плоскости гипербол пересечения

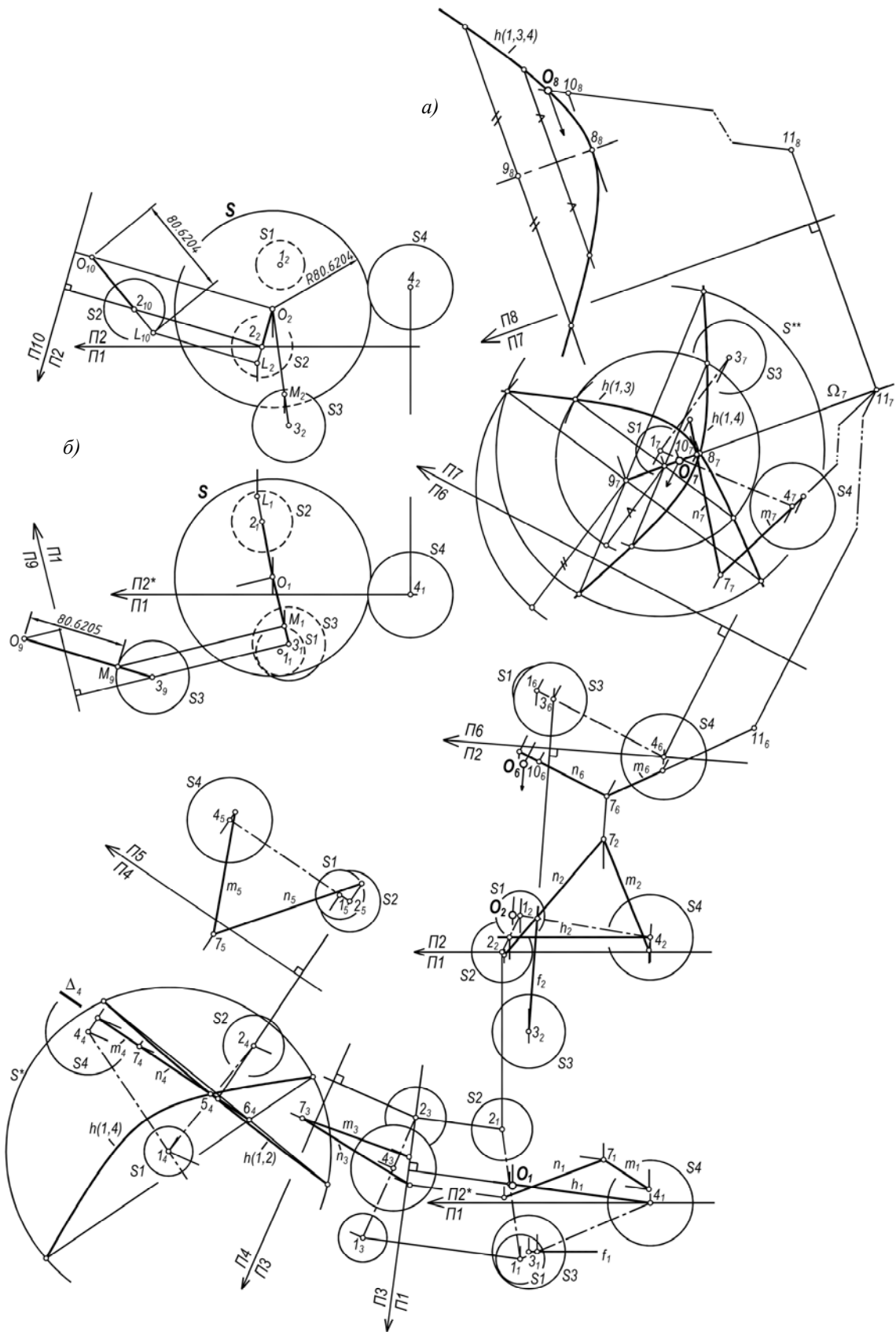


Рис. 4. Алгоритм НГ способа гиперолов: *a* — нахождение центра касательной сферы; *b* — определение радиуса сферы

Для второй тройки сфер чертёж преобразуем так, чтобы плоскость центров её сфер стала плоскостью уровня П7. В этой плоскости строим со-
 фокусные гиперболы $h(1, 3)$ и повторно — гиперболу $h(1, 4)$. По точкам $8_7, 9_7$ определяем плоскость $\Omega \perp П7$ пересечения ДГВ второй тройки

сфер, для которых указанные гиперболы являются очерковыми. В плоскости $\Pi_8 \parallel \Omega$ способом концентрических сфер с центром в т. I_7 строим гиперболу $h(1, 3, 4)$ как линию пересечения этих ДГВ.

Последовательным преобразованием находим проекции отрезков m, n в плоскости Π_7 . Находим точки $10, 11$ отрезка, по которому пересекаются плоскости $\Delta(m, n)$ и Ω . В плоскости Π_8 находим точку O пересечения отрезка $(10, 11)$ с гиперболой $h(1, 3, 4)$. Она является центром искомой касательной сферы. Обратным преобразованием находим её фронтальную и горизонтальную проекции.

Радиус искомой сферы определяем как истинную величину отрезков, соединяющих точку O с центрами заданных сфер, с добавлением или вычитанием радиусов этих сфер в зависимости от условий касания. Например (рис. 4, б), в плоскости Π_{10} для сферы S_2 , имеющей внутреннее касание, к истинной величине отрезка $(O, 2)$, добавляем радиус сферы S_2 . Точка L является точкой касания искомой сферы со сферой S_2 . Для сферы S_3 , имеющей внешнее касание, определена точка касания M .

2.4. 3D-алгоритм способа гиперов

Выбираем три пары сфер для построения ДГВ. Софокусность ДГВ здесь не требуется, поскольку линии их пересечения строятся автоматически. Поэтому выбор осуществляется из условий наглядности. В нашем примере (рис. 5) это пары S_1, S_3, S_4 и S_2, S_3 . Для каждой из них строим по одной ветви гиперболы как ГМТ, равноудалённых от очерковых окружностей этих сфер (см. рис. 2).

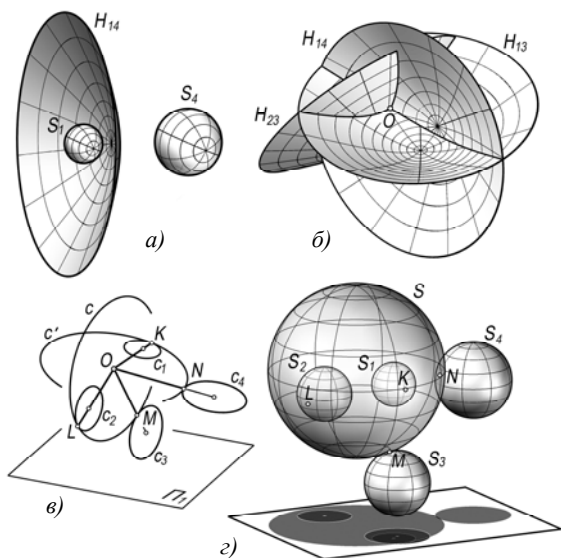


Рис. 5. Алгоритм 3D способа гиперов: а — ДГВ для сфер S_1, S_4 ; б — центр искомой сферы как пересечение ДГВ; в — определение радиуса сферы и точек касания; д — найденная сфера

Вращением гипербол строим чаши ДГВ (рис. 5, а) H_{13}, H_{14}, H_{23} (рис. 5, б). Индексы означают номера сфер, для которых построены чаши. Находим пересечение чаш. Точку O — общую для чаш ДГВ, принимаем за центр искомой сферы.

Строим (рис. 5, в) сечения сфер $S_1 — S_4$ плоскостями, проходящими через центры этих сфер и точку O . По окружностям сечений $c, c_1 — c_4$ определяем точки K, L, M, N касания искомой сферы S с заданными сферами.

Длины отрезков, соединяющих точку O с точками касания, определяют радиус искомой сферы S . По центру и радиусу строим искомую общую касательную сферу (рис. 5, г).

3. СПОСОБ СФЕР

Как и в способе гиперов, центр искомой касательной сферы находится на пересечении гипербол, являющихся ГМТ, равноудалённых от трёх сфер, произвольно выбранных из четырёх заданных. Отличие заключается в определении этих гипербол.

Выбираем какие-либо три сферы из заданных четырёх. Пусть это сферы S_1, S_3, S_4 (рис. 6, а; табл. 1). Строим для них три вспомогательные сферы (ВС): S'_1, S'_3, S'_4 . Каждая ВС — это ГМТ, удалённых от одной из выбранных сфер на некоторое расстояние δ , т.е. сфера, концентричная ей. Если касание заданной сферы внешнее, то радиус ВС определяем как $R' = R + \delta$, при внутреннем касании $R' = \delta - R$, где R — радиус выбранной сферы. Пересечение трёх ВС, если оно происходит, даёт две точки (рис. 6, а, точки 1,2). В выбранной тройке сфер выполняем построения ВС ещё для двух значений δ , что в сумме даёт шесть точек (рис. 6, б). Экспериментально установлено, что эти точки принадлежат гиперболе. Выбираем из них пять минимально необходимых точек и строим по ним гиперболу $h(1, 3, 4)$.

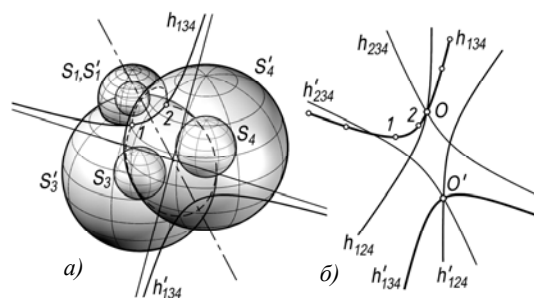


Рис. 6. Алгоритм 3D способа сфер: а — гипербола как ГМТ, равноудалённых от трёх сфер; б — пересечение гипербол

Возможны шесть таких гипербол (по количеству троек сфер, на рис. 6, б показаны лишь три). Все гиперболы пересекаются в двух точках O и O' . Из них точка O является центром искомой сферы. Точка O' — также центр касательной сферы, но с обратными условиями касания.

Положения способа сфер о гиперболах и их пересечении нами экспериментально подтверждены.

3.1. Алгоритм 3D способа сфер

Создавая ВС, строим гиперболу для произвольно выбранной тройки сфер. В нашем примере — для сфер S_1, S_3, S_4 . Найдя пять точек гиперболы (см. рис. 6, *a*), по ним строим ветвь $h(1, 3, 4)$. Применяем либо программу [3], либо параметризацию [2] или строим приближенно как сплайн-кривую, увеличив количество точек до 10—20 добавлением ВС.

Произвольно назначаем другую тройку сфер, например, S_2, S_3, S_4 . Находим гиперболу $h(2, 3, 4)$. Определяем точку O пересечения этих гипербол. Построив сечения сфер, находим искомую сферу S и точки касания (см. рис. 5, *в, г*).

3.2. Алгоритм НГ способа сфер

Отличается от алгоритма НГ способа гипервов (см. рис. 4) только построениями в плоскостях П4 и П7. Применяем схему определения проекции точек пересечения трёх сфер (рис. 7, *a*).

В П4 находим точки A, B (рис. 7, *б*) как проекции точек пересечения ВС двух семейств, построенных для S_1, S_2, S_4 . По ним определяем плоскость Δ .

В плоскости П7 для сфер S_1, S_3, S_4 (рис. 7, *в*) находим точки C, D, E . По принадлежности к ВС определяем расстояния этих точек до П7. По ним в плоскости П8 строим гиперболу $h(1, 3, 4)$ и определяем точку O_8 как проекцию центра искомой сферы.

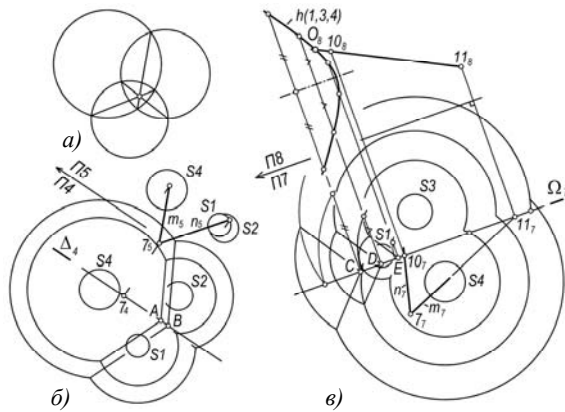


Рис. 7. Алгоритм НГ, способ сфер: *a* — пересечение трёх окружностей; *б* — плоскость гиперболы $h(1, 2, 4)$; *в* — гипербола $h(1, 3, 4)$

4. 3D ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ

Модель параметризации основана на том, что отрезки, соединяющие точки касания сфер с их центрами, для каждой пары сфер выстраиваются в прямые линии. Кроме того, отрезки, соединяющие точки касания с центром искомой сферы

имеют равную длину как радиусы этой сферы. В итоге задача сводится к построению стержневой конструкции с заданным положением и размерами стержней.

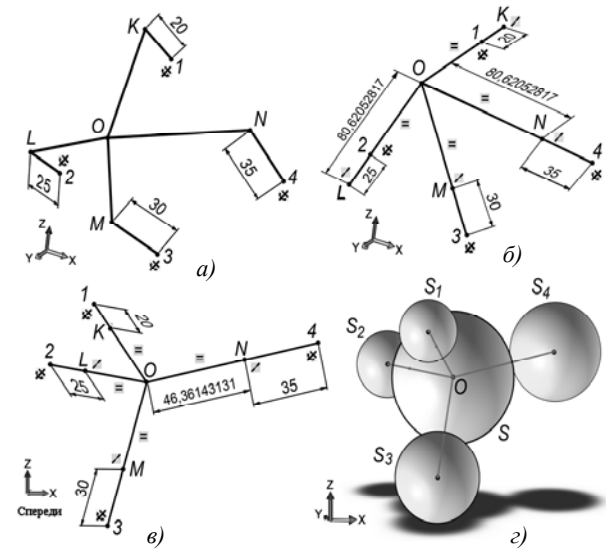


Рис. 8. 3D параметризация: *a* — предварительное построение; *б* — касание смешанное; *в, г* — касание внешнее

Строим (рис. 8, *a*) отрезки $(1, K), (2, L), (3, M), (4, N)$, в которых точки $1—4$ являются центрами заданных сфер $S_1—S_4$ (см. табл. 1). Точки $1—4$ фиксируем.

На отрезки проставляем управляющие размеры, задав их равными значениям радиусов сфер. Например, для $(1, K)$ проставляем 20.

Дополняем конструкцию отрезками KO, LO, MO, NO , которые играют роль радиусов искомой сферы. Точку O задаем интуитивно, как предварительное положение центра искомой сферы. Таким образом, созданы пары отрезков, каждая из которых соответствует одной из заданных сфер. Если эта сфера имеет внутреннее касание с искомой сферой, то угол между отрезками этой сферы задаем острым. Иначе углы задаём тупыми. В нашем примере углы $(1, K, O)$ и $(2, L, O)$ для сфер S_1, S_2 заданы острыми, а углы $(3, M, O)$ и $(4, N, O)$ для сфер S_3, S_4 с внешним касанием заданы тупыми.

Каждой паре отрезков, например $(1, K)$ и KO , присваиваем коллинеарность, контролируя происходящее при этом их совмещение в прямую линию.

Отрезкам KO, LO, MO, NO присваиваем взаимосвязи равенства. В итоге точка O принимает положение центра искомой общей касательной сферы S (рис. 8, *б*). Точки K, L, M, N принимают положение точек касания. Проставляя справочный размер на один из указанных отрезков, определяем радиус найденной сферы. Задача решена.

Для наглядности модель дополняем построением пяти сфер (см. рис. 5, *г*).

Созданную конструкцию можно быстро перестроить для других условий касания и параметров заданных сфер, например задав между отрезками все углы тупыми, получим сферу с внешним касанием с каждой из заданных (рис. 8, в, г).

5. СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ НГ И 3D

На примере рассмотренной задачи сравним алгоритмы НГ и 3D по критериям геометрической точности, сложности, наглядности и эффективности [8].

Геометрическую точность оцениваем по погрешности решения, которую можно количественно измерить. При такой оценке точность определяется инструментом геометрических построений. В рассмотренной задаче алгоритмы как НГ, так 3D реализованы единым инструментом — графическим пакетом САПР. Погрешность оценивали по разбросу значений радиусов касательной сферы, определённых по отношению к каждой из заданных сфер. Простановка контрольных размеров (см. рис. 4, б; рис. 5, в; рис. 8, б, в) показала, что при таких условиях сравнения погрешность алгоритмов НГ и 3D оказалась сопоставимой и не превысила 10^{-4} . Более высокая точность (погрешность 10^{-8}) достигнута при 3d параметризации.

Сложность алгоритмов оцениваем по объёму информации и трудозатратам на выполнение построений. Такой подход неизбежно субъективен (но другого нет). По нашему мнению, сравнение построений НГ (см. рис. 4, 7) с реализацией различными алгоритмами 3D (рис. 5, 6, 8) однозначно указывает на преимущества 3d алгоритмов. Вместо сложных, громоздких, однообразных и многократно повторяющихся преобразований чертежа НГ, видим построения 3D объектов, которые выполняются значительно быстрее и проще применением простых в освоении команд графического пакета.

Сравнение алгоритмов по наглядности решения явно не в пользу НГ. Вместо малонаглядных и сложных для понимания проекций НГ имеем реалистичные виртуальные 3D модели, соответствующие нашему зрительному восприятию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Независимо от алгоритма (НГ или 3D) залогом успешного решения является понимание геометрической сущности задачи. Лишь после этого формируется схема решения и алгоритмы её реализации. Это делает необоснованными опасения в том, что компьютерные методы 3D снижают геометрическую подготовку студентов. Снижается лишь знание методов НГ, но так ли это существенно: ведь это с лихвой компенсируется подготовкой по методам 3D.

Компьютерные 3D методы моделирования позволяют в значительной мере «переложить» решение на математическое и программное обеспечение графического пакета САПР и этим существенно снизить затраты на решение, «поднять планку», т.е. решать значительно более сложные задачи, недоступные методам учебного курса НГ. Примером тому является рассмотренная задача о сферах Ферма, которая ввиду сложности нереальна в курсе НГ, но с успехом может быть решена студентами, владеющими 3D методами.

Компьютерные 3D модели, особенно 3D параметризация, позволяют достаточно просто исследовать геометрические закономерности задач. Этим они создают возможности для развития исследовательских компетенций студентов.

На студентов оказывает влияние и фактор эмоционального восприятия сопоставляемых алгоритмов. Вместо набора множества линий, карандаша и бумаги, которые до сих пор в учебном процессе остаются инструментами НГ, решение в 3D — это современные компьютерные технологии, цвет, фотореалистичность. Все это повышает интерес к учебному курсу.

Методы 3D лежат в основе современных САПР и активно развиваются. В отличие от НГ они являются *актуальными* и *перспективными*. Обучение им уже в первом семестре готовит студентов к освоению современных методов проектирования и геометрического моделирования, к последующему курсу инженерной компьютерной графики, а также к курсовому и дипломному проектированию на старших курсах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адамар Ж. Элементарная геометрия. Ч. 2. Стереометрия. М.: Уч. Пед. Изд-во, 1951. 760 с.
2. **Инженерная 3D-компьютерная графика: учебник и практикум для академического бакалавриата** / А.Л. Хейфец, А.Н. Логиновский, И.В. Буторина, В.Н. Васильева; под ред. А.Л. Хейфеца. — 3-е изд., пер. и доп. М.: Издательство Урайт, 2015. 602 с.
3. **Короткий В.А., Дубовикова Е.П.** Задача Аполлония на экране компьютера. — В сб. «Совершенствование подготовки учащихся и студентов в области графики, конструирования и дизайна». Саратов: СГТУ, 2013. С. 5—9.
4. **Короткий В.А., Хейфец А.Л.** 3D-моделирование коник в пакете AutoCAD // В сб. «Актуальные вопросы графического образования молодежи»: Материалы VI Всероссийской научно-методической конференции / под ред. Ю.П. Шевелева, А.П. Передбогова. Рыбинск: РГТА, 2005. С. 102—105.
5. **Сальков Н.А.** Об одном графическом решении задачи Ферма о касании сфер // Прикл. геометрия и инж. графика. Вып. 37. Киев: Будівельник. 1984. С. 97—99.
6. **Хабелашвили А.В.** Задача Аполлония Пергесского // Историко-математические исследования. Вторая серия. 1996. Вып. 1(36). № 2. С. 66—81.
7. **Хейфец А.Л., Логиновский А.Н.** Параметризация как средство решения задач 3D компьютерного геометрического моделирования // Труды XX международной научно-технич. конф. «Информационные

- средства и технологии», Москва, 20—22 ноября 2012. М.: Издательство МЭИ, 2012. Т. 1. С. 72—80.
8. **Хейфец А.Л.** Сравнение методов начертательной геометрии и 3D компьютерного геометрического моделирования по точности, сложности и эффективности // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Строительство и архитектура». Челябинск: Изд-во ЮУрГУ. 2015. Т. 15. № 4. С. 49—63.
 9. **Хейфец А.Л.** Начертательная геометрия как «бег в мешках» // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: Материалы V международной научно-практической интернет-конференции. КГП 2015. Пермь: ПГТУ. 2015. С. 292—325. [Электронный доступ]. URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2015/news/44/>
 10. **Хейфец А.Л.** 3D-модель пересечения софусных и псевдософусных квадрик // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». Челябинск: Изд-во ЮУрГУ. 2013. Т. 13. № 2. С. 88—96.
 11. **Чернышова З.Т., Глаговский В.В.** К методике решения задач по начертательной геометрии. Изд-во Львовского университета. 1964. 105 с.
 12. **Шаль М.** Исторический обзор происхождения и развития геометрических методов. Т. 1. М., 1883. 307 с.

A.L. Kheifets (Kheifets)

heifets@yandex.ru

South Ural State University, Chelyabinsk

FERMAT PROBLEM ON SPHERES AS AN EXAMPLE OF INFORMATIZATION OF GEOMETRIC AND GRAPHICAL TRAINING

SUMMARY

The report deals with informatization of a descriptive geometry (DG) course in the context of its substitution for a modern course of 3D computer geometric modeling. The author compares DG and 3D algorithms in terms of solving the historical Fermat problem on constructing a sphere, tangent to four given spheres. The comparison is conducted according to accuracy, complexity and efficiency of the algorithms. The examples of solving this problem with the help of various algorithms are given. The author concludes about essential advantages of 3d algorithms and relevance of their introduction into the teaching process.

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СЕТЬ ДОВЕРИЯ НА ОСНОВЕ СЕРТИФИКАТОВ СТАНДАРТА X.509

АННОТАЦИЯ

Представлен проект сети взаимного доверия, базирующейся на использовании сертификатов открытых ключей стандарта X.509 и предназначенной для использования в учебном процессе для авторизованной рассылки заданий, получения отчётов об их выполнении и консультаций (такая сеть не требует регистрации её участников в системе дистанционного обучения или общеуниверситетской системе электронной почты), а также получения сертификатов в коммерческих удостоверяющих центрах.

ВВЕДЕНИЕ

Для организации взаимодействия между участниками образовательного процесса (преподавателем и студентами) в НИУ «МЭИ» можно использовать средства системы дистанционного обучения (СДО) «Прометей» [1] или общеуниверситетской системы электронной почты (ОСЭП). В СДО «Прометей» существуют функции библиотеки, обмена файлами, почтовой рассылки, книги отзывов, форума, чата, но требуется регистрация в системе преподавателя и всех студентов. Регистрация требуется и при использовании ОСЭП. В докладе предлагается проект сети взаимного доверия для организации взаимодействия между преподавателем и студентами, который обеспечивает авторизацию всех сообщений и не требует централизованной регистрации и администрирования.

1. ФУНКЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СЕТИ ДОВЕРИЯ

В ходе образовательного процесса по какой-либо учебной дисциплине возникает необходимость организации постоянного (а не только во время аудиторных занятий) взаимодействия между преподавателем и студентами:

- рассылка преподавателем студентам индивидуальных заданий на выполнение лабораторных работ, курсовых проектов и других видов учебных заданий;
- передача студентами преподавателю отчётов о выполнении ими учебных заданий;
- консультирование преподавателем студентов по вопросам выполнения ими индивидуальных учебных заданий;
- консультирование студентами друг друга по вопросам, возникающим у них в ходе образовательного процесса.

При передаче сообщений в ходе взаимодействия между преподавателем и студентами нужно обеспечить аутентификацию (подтверждение подлинности) сообщений, а в необходимых случаях и их конфиденциальность.

Организация подобного взаимодействия возможна с помощью уже используемой в университете СДО «Прометей», в состав которой входят функции для передачи студентам учебных и учебно-методических материалов с помощью библиотеки и почтовой рассылки, получения студенческих отчётов с помощью обмена файлами, консультирования с помощью форума, чата и просмотра объявлений.

Однако доступ к функциям СДО «Прометей» возможен только после предварительной регистрации и преподавателя, и студентов в этой системе и предполагает централизованное администрирование системы её персоналом. Поэтому основным применением СДО «Прометей» является дистанционное обучение студентов при получении ими образования по заочной форме.

Для передачи сообщений и файлов между участниками образовательного процесса можно использовать и ОСЭП НИУ «МЭИ», в которой уже зарегистрированы все преподаватели и студенты университета. Однако использование ОСЭП также требует централизованного администрирования (например, требуется обязательное личное обращение к администратору преподавателя или студента, забывшего пароль доступа к своему электронному почтовому ящику в ОСЭП).

Использование сети доверия для организации взаимодействия между преподавателем и студентами лишено указанных выше недостатков, не требует существенных затрат и способно обеспечить выполнение всех необходимых для такого взаимодействия функций.

За основу при построении образовательной сети взаимного доверия возьмём распределённую сеть доверия, создаваемую по стандарту OpenPGP [2]. В такой сети сертификаты открытых ключей заверяются самими владельцами ключей, а также другими участниками сети. Стандарт OpenPGP не закрепляет чётких критериев и процедур проверки подписей под сертификатами: сам пользователь определяет уровень доверия поручителям.

По сравнению с централизованной сетью доверия [3], предполагающей использование корневого удостоверяющего центра (центра сертифици-

кации), которому должны доверять все участники сети, в распределённой сети обеспечивается большая гибкость и устойчивость системы к любому умышленному воздействию.

Однако развертывание распределённой сети доверия в соответствии со стандартом OpenPGP предполагает установку специального программного обеспечения (ПО) на все устройства, которые могут использоваться участниками сети. Поэтому в проекте образовательной сети доверия будем использовать сертификаты открытых ключей участников, соответствующие стандарту X.509. Поддержка таких сертификатов включена практически во все сетевое ПО.

2. РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОРИЗОВАННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СЕТИ ДОВЕРИЯ

После создания самоподписанных (т.е. завершенных закрытым ключом владельца) сертификатов открытых ключей преподавателем и старостой студенческой группы они обмениваются своими сертификатами. Далее староста выдаёт (заверяет своей подписью) сертификаты открытых ключей некоторым студентам группы, те, в свою очередь, другим студентам и т.д. Так создаётся сеть доверия, каждый участник которой доверяет сертификатам всех остальных участников сети.

Для отправки друг другу сообщений и файлов с подтверждением их подлинности и целостности участники сети доверия могут использовать клиентские почтовые программы, установленные на их компьютерах.

Например, для добавления электронной подписи к сообщениям другим участникам сети доверия в почтовой программе Microsoft Outlook 2010 необходимо:

1) с помощью команды Параметры | Дополнительные параметры | Параметры безопасности открыть окно «Свойства безопасности» (рис. 1);

2) включить режим «Добавить в сообщение цифровую подпись»;

3) с помощью кнопки «Изменить параметры» открыть окно «Изменение настройки безопасности», в котором выбрать сертификат для подписи сообщения (рис. 2).

Сертификат открытого ключа и закрытый ключ электронной подписи пользователя должны быть на каждом компьютере, с которого участник сети доверия будет отправлять подписанные сообщения другим участникам.

Для обеспечения конфиденциальности сообщений, отправленных другим участникам сети доверия, они могут быть зашифрованы. Для этого в почтовой программе Microsoft Outlook 2010 необходимо:

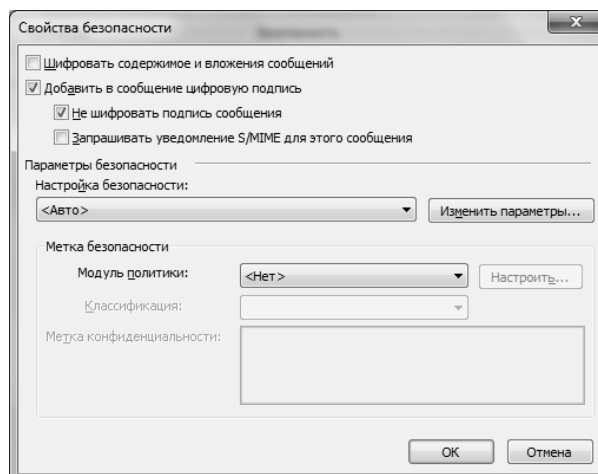


Рис. 1. Добавление к сообщению электронной подписи в программе Microsoft Outlook

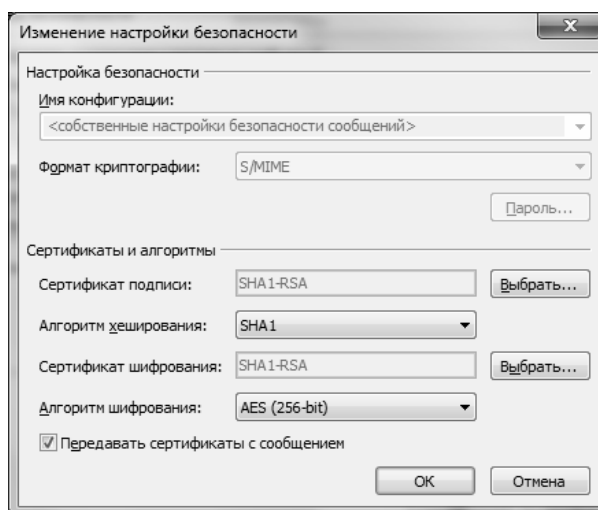


Рис. 2. Изменение настроек безопасности почтового сообщения в программе Microsoft Outlook

- с помощью команды Параметры | Дополнительные параметры | Параметры безопасности открыть окно «Свойства безопасности» (рис. 3);
- включить режим «Шифровать содержимое и вложения сообщений»;

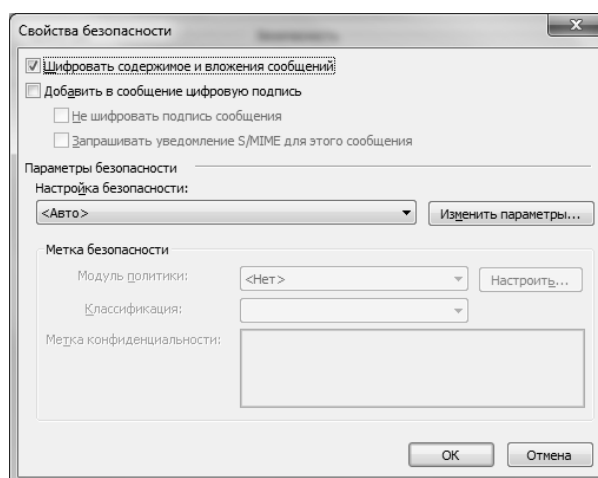


Рис. 3. Пример шифрования почтового сообщения в программе Microsoft Outlook

- с помощью кнопки «Изменить параметры» открыть окно «Изменение настройки безопасности», в котором выбрать сертификат другого участника сети доверия для шифрования направляемого ему сообщения.

Сертификаты открытых ключей шифрования сообщений, направляемых другим участникам сети доверия, должны находиться на каждом компьютере, который используется пользователем.

Добавление к сообщению электронной подписи и шифрование сообщения могут быть объединены.

Помимо коммерческих почтовых программ (Microsoft Outlook, The Bat!) функции добавления электронной подписи и шифрования сообщений присутствуют и в свободно распространяемых почтовых программах [4]: Mozilla Thunderbird, Foxmail, Opera Mail и др.

3. СОЗДАНИЕ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ СЕРТИФИКАТОВ УЧАСТНИКОВ СЕТИ ДОВЕРИЯ

Для создания пары своих ключей и сертификата открытого ключа участники сети доверия могут воспользоваться утилитой командной строки MakeCert [5]. Эта программа доступна как часть системы программирования Microsoft Visual Studio и может быть вызвана из командной строки этой системы с помощью команды Все программы | Microsoft Visual Studio | Visual Studio Tools | Командная строка разработчика.

Также утилита MakeCert доступна как часть пакета Microsoft Windows Software Development Kit (SDK) [6] и устанавливается в папку \Bin при установке этого пакета.

Преподаватель получает для себя с помощью утилиты MakeCert пару ключей и так называемый самоподписанный сертификат, например:

```
MakeCert -ss Root -pe -r -n "CN=Хорев П.Б."
```

В этом примере создаётся пара ключей для указанного пользователя и самоподписанный сертификат его открытого ключа. Созданный закрытый ключ помечается как экспортируемый, а сертификат помещается в системное хранилище Windows для доверенных корневых сертификатов (при этом от пользователя потребуется подтверждение необходимости этого действия, рис. 4).

Созданные таким образом пара ключей и сертификат пригодны как для электронной подписи, так и для шифрования сообщений.

С помощью утилиты MakeCert и своего закрытого ключа преподаватель создает пару ключей и сертификат для старосты учебной группы, например:

```
MakeCert -is Root -pe -in "Хорев П.Б." -ss My -n "CN=Иванов П.С."
```

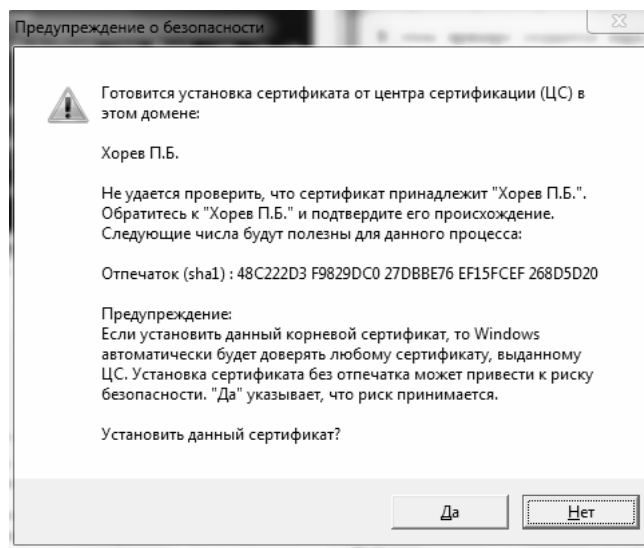


Рис. 4. Предупреждение системы при попытке установки самоподписанного сертификата

В этом примере создаётся пара ключей и сертификат для пользователя Иванова П.С. Сертификат подписывается преподавателем и помещается в системное хранилище личных сертификатов.

Далее сертификат и закрытый ключ, помещённый в хранилище личных сертификатов, должен быть преподавателем экспортирован (копирован в файл) и передан старосте учебной группы. Для экспорта сертификата можно воспользоваться мастером, вызываемым из оснастки (административной программы) «Сертификаты» или из обозревателя Microsoft Internet Explorer (свойства браузера, вкладка «Содержание», кнопка «Сертификаты»). Оснастка «Сертификаты» вызывается из консоли управления Microsoft (mmc.exe).

При экспорте сертификата вместе с закрытым ключом на одном из этапов работы с мастером потребуется ввести и подтвердить парольную фразу, с помощью которой будет создан секретный ключ шифрования закрытого ключа. Сертификат открытого ключа и закрытый ключ экспортируется в файл с расширением rfx.

После получения от преподавателя файла с сертификатом и закрытым ключом староста учебной группы устанавливает его в своей системе с помощью мастера импорта сертификатов. Для доступа к закрытому ключу потребуется ввод парольной фразы (рис. 5), которую староста также узнаёт от преподавателя.

По умолчанию устанавливаемый вместе с закрытым ключом сертификат помещается в системное хранилище личных сертификатов.

Далее староста учебной группы аналогичным образом выдаёт сертификаты части студентов группы, а те, в свою очередь, остальным студентам, создавая тем самым сеть взаимного доверия.

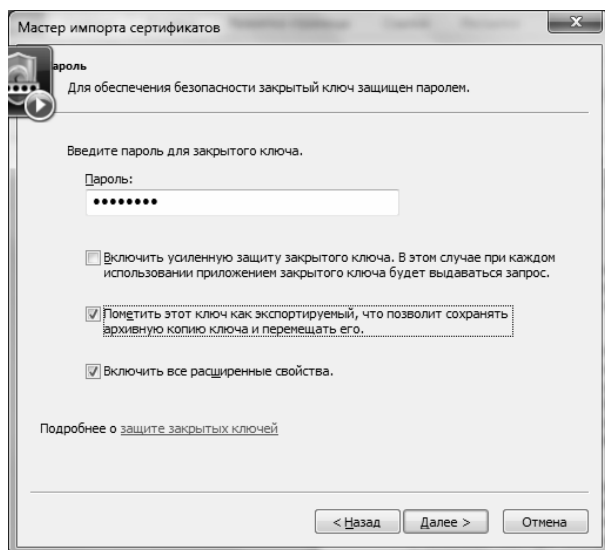


Рис. 5. Ввод пароля при импорте закрытого ключа вместе с сертификатом

Для начала использования созданной таким образом сети доверия все её участники-студенты должны также установить у себя сертификат открытого ключа преподавателя. Преподаватель для этого экспортирует свой сертификат (естественно, без закрытого ключа) в файл с расширением cer и передает его остальным участникам сети доверия. При импорте такой сертификат автоматически устанавливается в системное хранилище сертификатов промежуточных центров сертификации.

Сертификаты студентов таким же образом экспортируются и устанавливаются преподавателем и при необходимости другими студентами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В докладе представлены метод и программные средства создания и использования образовательной сети доверия, основанной на использовании сертификатов участников сети на основе стандарта X.509.

С помощью такой сети возможны:

- рассылка индивидуальных заданий на выполнение учебных заданий;
- передача отчётов о выполнении учебных заданий;
- консультирование по вопросам выполнения учебных заданий.

Преимуществами подобной образовательной сети доверия являются:

- не требуется предварительная регистрация преподавателя и студентов;
- не нужно централизованное администрирование;
- для создания и использования могут применяться, как правило, уже имеющиеся у участников сети программные средства;
- обеспечивается аутентичность, целостность и конфиденциальность сообщений и файлов, которыми обмениваются участники сети.

Для дальнейшего упрощения создания и использования образовательной сети доверия предполагается разработка дополнительных программных средств. С их помощью участники сети доверия откажутся от использования программ, вызываемых из командной строки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Руководство** для слушателя Системы дистанционного обучения «Прометей 4.2». М., 2007.
2. **Сеть доверия**. [Электронный доступ]. URL: <https://www.pgpru.com/biblioteka/osnovy/setjdoveryja>.
3. **Полянская О.Ю., Горбатов В.С.** Инфраструктуры открытых ключей. М.: Интернет-университет информационных технологий - ИНТУИТ.ру, 2007.
4. **Почта**, программы – почтовые клиенты. [Электронный доступ]. URL: <http://zoomexe.net/inet/pochta>.
5. **Хорев П.Б.** Криптографические интерфейсы и их использование. М.: Горячая линия-Телеком, 2007.
6. **MakeCert**. [Электронный доступ]. URL: [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/aa386968\(v=vs.85\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/aa386968(v=vs.85).aspx).

P.B. Khorev

pbkh@yandex.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

EDUCATION NETWORK CERTIFICATE-BASED TRUST STANDARD X. 509

SUMMARY

Submitted project is a network of mutual trust based on the use of public key certificates standard X. 509 and intended for use in the educational process for the authorized mailing jobs, receive reports on their implementation and consultation. Such a network does not require registration of participants in distance learning or university e-mail system, as well as obtain certificates for commercial certification authorities.

ВОЗМОЖНОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В ПАКЕТАХ MATLAB, MAPLE И MATHEMATICA

АННОТАЦИЯ

В работе рассмотрены средства параллельного программирования в современных математических пакетах. Для MatLab и Maple кратко описываются имеющиеся средства и их аналоги в среде MPI. Для Mathematica приводятся некоторые базовые конструкции параллельного программирования, имеющиеся в языке Mathematica.

ВВЕДЕНИЕ

За последние годы при решении множества трудновычисляемых задач стали применяться средства и возможности параллельного программирования. Широко известны модели программирования в общей и распределённой памяти [1], позднее к ним прибавились гибридные модели [2]. Однако все упомянутые средства относятся к достаточно низкоуровневому программированию, когда производится значительная переделка исходного кода.

Немалое число математических расчётов выполняется не на алгоритмических языках (C/C++, Fortran), а в специализированных математических пакетах MatLab [3], Maple [4], Mathematica [5], MathCAD [6]. Производители пакетов тоже задумались о реализации возможностей параллелизма в своих продуктах.

1. ИСТОРИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

К 2015 году сложилась следующая картина.

Изначально возможности параллельного программирования в пакете Mathematica появились в 2001 г. [7]. Для их обеспечения был выпущен дополнительный Parallel Computing Toolkit (отдельная лицензия). После выхода версии 7.0 в 2008 г. для работы на локальном компьютере лицензия уже не требуется.

В пакете MatLab возможности параллельного программирования появились в 2005 г.

В 2009 г. о реализации средств параллельного программирования было заявлено в Maple. В среде Maple 13 было реализовано программирование в модели общей памяти. Однако средства именно параллельного программирования появились только в выпуске Maple 15 в 2011 г. Следует отметить, что независимые решения предлагались и ранее, см. например Distributed Maple [8].

Пакет MathCAD чрезвычайно долгое время никак не развивался в этом направлении. Только в MathCad Prime 2.0 (2012 г.) появились некоторые изменения — параллелизм как использова-

ние средств многоядерных процессоров обеспечивается за счёт использования библиотеки Intel MKL [9,10]. Далее не наблюдается никакого развития.

В данном докладе мы рассмотрим средства параллельного программирования в пакетах MatLab, Maple и Mathematica.

2. СРЕДСТВА ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В MatLab

До момента реализации функционала параллельного программирования производителем существовали различные подходы к решению [11]. После обеспечения возможностей параллельного программирования производителем (компанией MathWorks) появились два вида параллелизма: distributed computing (распределённые вычисления), когда фактически обеспечивается параллелизм по данным [1], и собственно parallel computing, когда взаимодействия между параллельными процессами осуществляются с помощью вызовов специальных команд MatLab.

Для обеспечения возможностей параллелизма в пакете был разработан тулбокс Parallel Computing Toolbox (лицензируется отдельно).

Параллельное программирование в MatLab основано на парадигме модели передачи сообщений. Последний (на 1 января 2016 г.) выпуск R2015b использует на низком уровне библиотеку MPI2 [12] v. 1.4.1p1. Кроме того, допускается работа с собственной реализацией MPI, удовлетворяющей определённым условиям [13]. Для конечного пользователя есть два режима работы: интерактивный режим rmode [11], и непосредственно параллельное программирование в модели передачи сообщений (модели распределённой памяти).

В табл. 1 приведены основные примитивы параллельного программирования в MatLab.

Как видно из таблицы, пакет реализует базовый набор директив для параллельного программирования.

Достаточно часто встречаются типовые ситуации, имеющие понятный способ решения. Для некоторых таких случаев предусмотрены штатные средства. Рассмотрим два из них: векторизацию циклов (директива parfor) и частный случай SIMD (в классификации Флинна [1] — Single Program Multiple Data (директива spmd)).

Таблица 1
Команды (переменные) MatLab
и их соответствие в MPI

Команда MatLab	Функция MPI
Numlabs	MPI_Comm_size(size)
Labindex	MPI_Comm_rank(rank, MPI_COMM_WORLD)
LabBarrier()	MPI_Barrier(MPI_COMM_WORLD)
Shared_data=LabBroadcast(root, buffer)	MPI_Bcast(void* buffer, int count, MPI_Datatype datatype, int root, MPI_COMM_WORLD)
LabSend(buf,dest) LabSend(data,dest,tag)	MPI_Send(void *buf, int count, int tag, MPI_COMM_WORLD)
data=LabReceive(source,tag), data=LabReceive('any',tag)	MPI_Recv(void *buf, int count, MPI_COMM_WORLD, MPI_Status *status)
is_data_available=LabProbe(source,tag)	MPI_Probe(int source, int tag, MPI_COMM_WORLD, MPI_Status *status)

Цикл `parfor` — параллельная модификация стандартного цикла `for`. Оператор `parfor` полезен в случаях, когда нужно провести много однотипных расчётов, например при моделировании методом Монте-Карло. Итерации цикла считаются независимо в произвольном порядке рабочими процессами. Понятно, что оператор `parfor` нельзя применять в случаях, когда имеется зависимость по данным между итерациями.

Операторы, выполняемые внутри блока `spmd`, выполняются одновременно во всех рабочих процессах. Синтаксис команды:

```
spmd [(m,n)]
<statements>
end spmd
```

Здесь опциональные параметры `m` и `n` — минимальное и максимальное числа рабочих процессов соответственно.

Помимо описанных способов, начиная с MatLab R2007b в системе есть автоматическое распараллеливание функций различных тулбоксов (ядро, Image Processing, Statistics, Optimization Toolbox, и т.д.). Система проводит автоматическое распределение расчётов на все доступные мощности (например, на все восемь ядер процессора).

Кроме того, MatLab с выпуска R2010b поддерживает параллельные вычисления на графических процессорах (GPU) NVIDIA — программирование в модели CUDA. Соответственно есть директивы для копирования данных из основной памяти в GPU и обратно, директивы для выполнения операций на GPU. Вычисления на GPU происходят как с одинарной, так и с двойной точностью.

MatLab поддерживает выполнение параллельных задач на кластерных системах с использованием функционала MatLab Distributed Computing Engine (лицензируется отдельно). В его рамках возможен запуск параллельных задач в СУПЗ Microsoft, PBS, Torque, LSF, Condor [14].

3. СРЕДСТВА ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В MAPLE

Изначально, ещё в очень старых версиях Maple, в пакете были реализованы средства работы с нитями (threads).

В версии Maple 13 появилась Task Programming Model [15], которая позволяет работать в модели общей памяти на высоком уровне абстракции.

На более низком уровне Task Programming Model реализуется как работа с нитями (threads). Разработчик рекомендует конечным пользователям не работать на этом уровне [16].

При выполнении программы Maple создаются подзадачи (Tasks), которые средой распределяются на все доступные ресурсы процессоров. Каждая подзадача — это вызов функции, который выполняется отдельной нитью.

В развитие такого подхода в версии Maple 15 появились средства именно параллельного программирования, которые реализованы в дополнительном пакете Grid Package (Toolbox). Так же как и в MatLab, пакет позволяет работать с различными реализациями MPI. По умолчанию в среде Windows используется реализация Microsoft MPI, включенная в Windows HPC Server, а в среде Linux — MPICH2.

В табл. 2 приведены основные примитивы параллельного программирования в Maple. Более подробно с ними можно ознакомиться в документации на продукт.

Таблица 2

Функции Maple-и их соответствие в MPI

Функция Maple	Функция MPI
NumNodes()	MPI_Comm_size(size)
MyNode()	MPI_Comm_rank(rank, MPI_COMM_WORLD)
Barrier()	MPI_Barrier(MPI_COMM_WORLD)
Set(node,v1, v2, ...)	int MPI_Scatter(void* sendbuf, int sendcount, MPI_Datatype sendtype, void* recvbuf, int recvcount, MPI_Datatype recvttype, int root, MPI_COMM_WORLD)
Send(node, msg)	MPI_Send(void *buf, int count, int tag, MPI_COMM_WORLD)
Receive() Receive(node) - получить от конкретного узла	MPI_Recv(void *buf, int count, MPI_COMM_WORLD, MPI_Status *status)

Команды Mathematica для параллельных вычислений

Функция Mathematica	Смысл
\$KernelCount	Число ядер для параллельного вычисления
\$KernelId	Уникальный номер (ID) параллельного вычисления
WaitAll[{pid1,pid2,...}]	Дождаться, пока все параллельные вычисления не будут завершены
ParallelSubmit[{var1,var2,...},expr]	Посылает expr на вычисление следующим доступным параллельным ядром
ParallelTable[expr,{i,imax}]	Создает параллельно список значений expr, когда i в диапазоне от 1 до imax
ParallelEvaluate[expr,kernel]	Вычислить expr на заданном параллельном kernel
Parallelize[expr]	Вычислить expr, используя автоматическое распараллеливание
DistributeDefinitions[s1,s2,...]	Распространить определения символов si на все параллельные ядра
CUDAFunctionLoad	Загрузить CUDA-функцию в пакет и сделать доступной для языка Wolfram
OpenCLFunctionLoad	Загрузить функцию OpenCL в пакет

Как видно из таблицы, пакет реализует базовый набор директив для параллельного программирования, при этом он отличается по функционалу от MatLab. Также отметим, что весь функционал уже лицензирован в рамках пакета, и не требуется приобретения дополнительных лицензий.

В 2015 г. после выхода Maple 2015 были расширены функции Maple в тулбоксе grid. Были добавлены директивы ожидания выполнения (Wait, WaitForFirst) и запуска на выполнение (Run).

Для указания на то, что вычисления необходимо проводить параллельно, служит директива Launch. На всех узлах выполняется одинаковая команда. Все вычисления прекращаются как только закончит работу главный процесс (номер 0). С целью предотвращения взаимоблокировок вычисления прекращаются автоматически по тайм-ауту, если все узлы ожидают сообщений и нет ни одного узла, который их отправляет.

Пакет Maple позволяет производить ограниченные параллельные вычисления на GPU. Однако в отличие от MatLab нет возможности вычислять произвольные функции на GPU. Доступен только ограниченный набор действий.

Maple поддерживает выполнение параллельных задач на кластерных системах с использованием функционала тулбокса Grid. В его рамках возможен запуск параллельных задач в СУПЗ Microsoft, PBS, Torque. В этом случае уже требуется дополнительная лицензия на удалённых клиентах-узлах.

4. СРЕДСТВА ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В MATHEMATICA

Начиная с версии 7.0 (2008 г.) в пакете Mathematica средства параллельного программирования были интегрированы прямо в пакет, не требуя покупки дополнительных программных продуктов (Parallel Computing Toolkit).

В версии 8.0 (2010 г.) были проведены некоторые изменения (добавлены sub-kernels). Была реализована поддержка Windows HPC Server, Microsoft Compute Cluster Server и Sun Grid.

В отличие от остальных математических пакетов в Mathematica нет привязки к какой-либо системной библиотеке передачи сообщений. Все действия проводятся исключительно средствами среды Wolfram Mathematica. На низком уровне взаимодействие организуется средствами протокола Wolfram Symbolic Transfer Protocol (WSTP) [17]. Он позволяет работать с гетерогенной средой (Windows, Unix, Mac).

Поскольку все параллельные возможности «привязаны» к языку, то невозможно установить прямые аналогии с функциями MPI, как в случае работы с другими пакетами.

В табл. 3 приведены основные примитивы параллельного программирования в Mathematica.

Начиная с версии 8.0 среда может работать с графическими процессорами NVIDIA и поддерживает технологии CUDA и OpenCL (что позволяет работать с графическими процессорами не только NVIDIA, но и AMD). Для этого реализованы бесплатные модули CudaLink [18] и OpenCLLink [19].

Как и все предыдущие пакеты, Mathematica позволяет проводить распределённые параллельные вычисления на кластерных системах, для чего используется тулбокс GridMathematica [20]. Тулбокс разработан ещё в 2002 г. Он также лицензируется отдельно. В настоящее время он позволяет запускать задания на СУПЗ Wolfram Lightweight Grid Manager, PBS, Microsoft, Platform LSF, и Sun Grid Engine. В качестве вычислительных мощностей выступают как процессоры, так и графические ускорители.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Средства параллельного программирования в MatLab и Mathematica достаточно хорошо описаны в литературе [21, 22]. Для работы с пакетом Maple не имеется литературных источников, однако документация на продукт достаточно высокого качества, что позволяет использовать её для полноценного параллельного программирования.

В заключение хотелось бы сказать, что средства параллельного программирования в математических пакетах регулярно развиваются. В зависимости от того, в каком пакете происходит работа, доступны несколько отличающиеся возможности, однако любая задача может быть решена в каждом из рассматриваемых пакетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Воеводин В.В., Воеводин Вл.В.** Параллельные вычисления, СПб.: BHV-Петербург, 2002. 608 с.
2. **Эндрюс Г.Р.** Основы многопоточного, параллельного и распределённого программирования. М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. 512 с.
3. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mathworks.com>
4. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.maplesoft.com>
5. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.wolfram.com>
6. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ptc.com/mathcad>
7. **Mäder R.** Parallel Computing with Mathematica // Proceedings of the Fourth International Workshop on Computer Algebra in Scientific Computing, Konstanz, Sept. 22—26, 2001. P. 399.
8. **Schreiner W., Mittermaier C., Bosa K.** Distributed Maple: parallel computer algebra in networked environments // Journal of Symbolic Computation. 2003. Vol. 35. Issue 3. March. P. 305—347.
9. [Электронный ресурс]. URL: <http://blogs.ptc.com/2012/05/16/multi-threading-multi-core-and-parallel-calculation-in-mathcad/>
10. [Электронный ресурс]. URL: <https://software.intel.com/en-us/intel-mkl>
11. **Оленев Н.Н., Печенкин Р.В., Чернецов А.М.** Параллельное программирование в MatLab и его приложения. М.: Издательство ВЦ РАН, 2007.
12. **Чернецов А.М.** Использование сторонних библиотек MPI для параллельного программирования в MatLab // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика. Четырнадцатая международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов. В 3-х т. Т. 1. М.: Издательство МЭИ, 2008. С. 309—310.
13. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mpich.org>
14. **Чернецов А.М.** Использование средств MatLab для организации распределённой обработки // Труды международной конференции «Информатизация инженерного образования», 10—11 апреля 2012 г. М.: Издательство МЭИ, 2012. С. 127—130.
15. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.maplesoft.com/support/help/Maple/view.aspx?path=TaskProgrammingModel>
16. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.maplesoft.com/support/help/Maple/view.aspx?path=multithreaded>
17. [Электронный ресурс]. URL: <http://reference.wolfram.com/language/guide/WSTPAPI.html>
18. [Электронный ресурс]. URL: <http://reference.wolfram.com/language/CUDALink/tutorial/Overview.html>
19. [Электронный ресурс]. URL: <http://reference.wolfram.com/language/OpenCLLink/tutorial/Overview.html>
20. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.wolfram.com/gridmathematica/>
21. **Кепнер Дж.** Параллельное программирование в среде MatLab для многоядерных и многоуровневых вычислительных машин. М.: МГУ, 2013. 296 с.
22. **Аладьев В., Гринь Д., Ваганов В.** Избранные системные задачи в программной среде Mathematica. М.: Олди-плюс, 2013. 555 с.

A.M. Chernetsov

chernetsovam@mail.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

CAPABILITIES OF PARALLEL PROGRAMMING IN PACKAGES MATLAB, MAPLE AND MATHEMATICA

SUMMARY

In this article parallel computing of modern mathematical packages are described For MATLAB, Maple are brief described tools and their analogs in MPI software. For Mathematica there are suppended some basic constructions of parallel programming in Mathematica Language.

ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён рассмотрению структуры и особенностей курса по повышению квалификации специалистов в области интегрированных систем безопасности (ИСБ) технических объектов. Формулируются основные понятия и задачи ИСБ. Рассматриваются аппаратные и программные средства, позволяющие строить ИСБ различных классов — от малых до больших территориально распределённых объектов. Приводятся примеры конфигурирования информационного обеспечения ИСБ, а также построения отчётов по различным событиям, происходящим на объекте.

ВВЕДЕНИЕ

В наш век информационных технологий, буквально пронизывающих все сферы жизни и деятельности человека, невозможно представить, чтобы инженер, закончив вуз и придя на производство, спокойно работал там многие годы на том багаже, который он получил в процессе учебы. Техническая революция приводит к тому, что техника и технологии развиваются и меняются все быстрее и быстрее. Поэтому переподготовка специалистов и повышение их квалификации, особенно в сфере информационных технологий, являются актуальными задачами современной системы высшего образования.

В рамках Центра подготовки и переподготовки «Новые информационные технологии в инженерной деятельности» (ЦПП НИТВИД) кафедры Прикладной математики НИУ «МЭИ» по заказу холдинга «ААМ Системз» (г. Москва, <http://www.aamsystems.ru>) подготовлен курс «Оборудование и программное обеспечение интегрированных систем безопасности», ориентированный на повышение квалификации специалистов в области построения и эксплуатации интегрированных систем безопасности различных технических объектов (банков, офисных центров, заводов, других промышленных предприятий). Рассмотрению основных особенностей решаемых этим курсом задач и посвящён данный доклад.

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ

Бурное развитие современных технических средств безопасности объектов и расширение выполняемых ими функций позволяют эффективно противодействовать внешним, в том числе

и террористическим, угрозам. Безопасность объекта, как правило, обеспечивается несколькими подсистемами: охранной и пожарной сигнализации (ОПС), теленаблюдения (ССТV), системой контроля и управления доступом (СКУД). В этот «классический» набор также могут входить подсистема периметральной охраны, подсистема активного пожаротушения, инженерно-технические подсистемы обеспечения жизнедеятельности здания и др. [1]. Взаимодействие всех этих подсистем наиболее эффективно в рамках ИСБ, представляющей собой, как правило, аппаратно-программный комплекс с единым информационным полем.

Благодаря слиянию отдельных подсистем в единое целое и применению компьютера в качестве универсального устройства управления достигается следующее:

- автоматизация простейших действий и реакций на внешние события — рутинную работу берёт на себя электроника, обеспечивающая мгновенную реакцию на возникшее событие;
- снижение влияния человеческого фактора на надёжность системы;
- взаимодействие аппаратуры разного назначения, исключающее противоречивые команды благодаря гибкой системе внутренних приоритетов;
- упрощение процесса управления;
- повышение степени защиты от несанкционированного доступа к управлению;
- разграничение прав и доступа к информации;
- общее снижение затрат за счёт исключения дублирующей аппаратуры;
- повышение степени эффективности каждой из подсистем и пр.



Рис. 1. Типовая структура ИСБ

Проектирование и построение ИСБ (рис. 1) — сложная инженерно-техническая задача. Необходимо выбрать среди многих производителей соответствующее объекту аппаратное обеспечение (контроллеры, датчики, видеокамеры, исполнительные механизмы и т.д.), смонтировать его, подобрать программное обеспечение, умеющее работать с выбранной аппаратурой, сконфигурировать его и запустить в работу. А потом обеспечить непрерывную эксплуатацию в режиме 24x7, проводя при необходимости модернизацию ИСБ от «косметических» изменений до перевода на новые технологические рельсы. Для всего этого нужна хорошая и актуальная инженерная подготовка.

2. СТРУКТУРА КУРСА «ОБОРУДОВАНИЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ»

Курс построен по модульному принципу и состоит из трёх частей. Первый модуль (16 часов) посвящён проблематике современных аппаратных средств построения ИСБ. Второй (18 часов) и третий (24 часа) модули посвящены проблематике современного программного обеспечения, используемого для конфигурирования и управления ИСБ. Их различие заключается в том, что они ориентированы на разные классы ИСБ, имеющие определённую специфику и определяемые в основном территориальными и количественными характеристиками.

Малые ИСБ (рис. 2) — это небольшие здания или группа помещений в здании с числом контролируемых точек прохода (КТП) до 10.

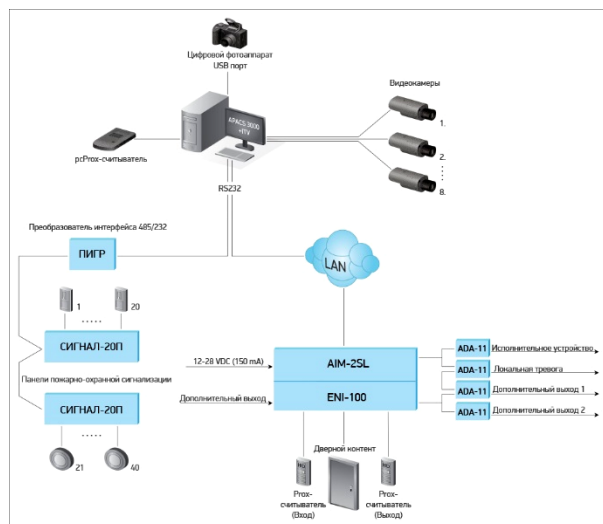


Рис. 2. Схема малой ИСБ со СКУД, ОПС и CCTV

Средние ИСБ — крупные здания с числом КТП до нескольких сотен. Крупные ИСБ (рис. 3) объединяют в себе территориально распределённые объекты с числом КТП от тысячи и более. Второй модуль курса ориентирован на программное обеспечение для малых и средних ИСБ,

а третий модуль — на большие многофилиальные ИСБ.

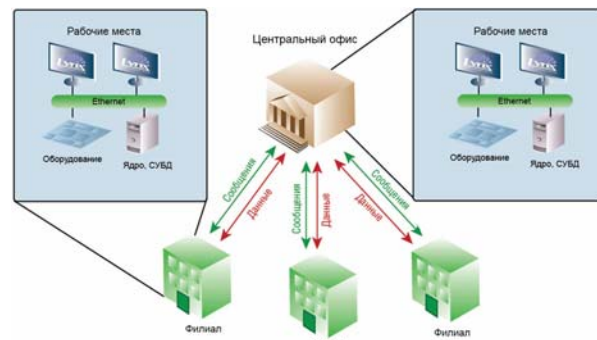


Рис. 3. Структура крупной многофилиальной ИСБ

Специалисты, повышающие квалификацию, могут выбрать любую комбинацию модулей, которая им требуется, проходя, таким образом, переподготовку продолжительностью от 16 до 58 часов.

Лекционная часть курса проходит в аудитории, оснащённой мультимедийным оборудованием. Лабораторные работы выполняются слушателями индивидуально в компьютерном классе с реальным подключением к специализированным стендам, предоставленным компанией ААМ Системз, на которых расположено необходимое для построения ИСБ оборудование — датчики, контроллеры, видеокамеры, считыватели и т.д.

3. МОДУЛЬ 1 «ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИСБ»

В связи с большим количеством производителей оборудования для ИСБ в рамках данного модуля невозможно охватить всё. Поэтому упор сделан на оборудовании основных подсистем СКУД и ОПС ведущего мирового производителя компании Apollo (США, <http://apollo-security.com>). Рассматривается вся линейка оборудования: контроллеры ААН-100 и ААН-32, интерфейсные модули АИМ-4SL, -2SL и -1SL, охранные панели АИО-8, -16, -168, статусная панель АСА-72, различные считыватели как контактной, так и бесконтактной технологий идентификации карт [2] (рис. 4). Приводятся примеры коммутации оборудования на реальных объектах как с использованием интерфейсов RS-232 и/или RS-485, так и Ethernet и/или Internet по семейству протоколов TCP/IP.

Часть модуля посвящена рассмотрению биометрических считывателей (по пальцу, по руке, по лицу и т.д.), широко используемых в настоящее время в ИСБ для идентификации пользователей [3]. Приводятся примеры различных моделей биометрических считывателей компании Suprema (Корея, <http://www.supremainc.com>), а также схемы возможного их применения в ИСБ с использованием интерфейса Weigand и/или Ethernet/Internet по семейству протоколов TCP/IP.



Рис. 4. Слайд презентации по оборудованию Apollo

В результате прохождения модуля слушатели получают навыки проектирования аппаратной части СКУД и ОПС.

4. МОДУЛЬ 2 «ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС APACS 3000»

Программный комплекс APACS 3000 (рис. 5) является продуктом холдинга ААМ Системз и предназначен для управления ИСБ малых и средних объектов. Являясь коробочным продуктом, он не предъявляет больших требований к квалификации специалистов, работающих с ним, прост в установке, настройке и эксплуатации.

В построенном по клиент-серверной технологии APACS 3000 обеспечена параллельная обработка запросов к контроллерам и базе данных, реализована возможность одновременной работы нескольких операторов с конфигурацией системы, сокращено время загрузки изменений в контроллеры системы. Эффективный модуль работы с оборудованием позволяет быстро получать сообщения от контроллеров и обрабатывать команды. Серверная часть APACS 3000 может быть запущена как сервис, что не только повышает надёжность системы, но и позволяет автоматически запустить его при включении компьютера, поэтому сервер может быть установлен на необслуживаемую машину. Простой, интуитивно понятный интерфейс, наличие одинаковых элементов управления (для задания схожих настроек) помогает в кратчайшие сроки освоить и начать эффективно использовать комплекс даже начинающему пользователю [4].

В модуле рассматривается структура APACS 3000, принципы её работы. Слушатели на лабораторных работах моделируют работу ИСБ и управляют ею с помощью таких клиентских приложений, как *Консоль* (конфигурирование системы), *Картотека* (ведение базы данных пользователей), *Дежурный режим* (отслеживание состояния системы и получение сообщений в online-режиме). Получение различных отчётов по событиям за прошедший период обеспечивается клиентскими приложениями *Генератор Отчётов*

(аудит событий в offline-режиме) и *Учёт рабочего времени* (опоздания, неявки, посещения в соответствии с графиками работы с возможностью представления информации для начисления заработной платы в соответствии с отработанным временем).



Рис. 5. Слайд презентации по APACS 3000

В результате прохождения модуля слушатели получают навыки проектирования отдельных подсистем ИСБ, конфигурирования их с помощью инструментальных средств APACS 3000, оперативного управления объектом, а также получения различных информационно-справочных отчётов на основе событий, сохранённых в базе данных APACS 3000.

5. МОДУЛЬ 3 «ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС LYRIX»

Программный комплекс LyriX (рис. 6) является продуктом холдинга ААМ Системз и предназначен для управления ИСБ больших распределённых объектов. Основная задача LyriX — интеграция оборудования разного назначения от различных производителей в единую систему, организация эффективного взаимодействия между подсистемами ИСБ и управление ими.

LyriX — это программный комплекс с удобным настраиваемым интерфейсом, обеспечивающий максимально полное решение потребностей заказчика на конкретном объекте со всеми его особенностями и специфическими требованиями. Имея широкий перечень реализованных возможностей, он способен решать новые задачи, возникающие с ростом бизнеса заказчика, и работать с любым оборудованием, имеющим интерфейс связи с компьютером. Одно из основных достоинств LyriX заключается в гибкой, настраиваемой, масштабируемой архитектуре, открытой для сторонних разработчиков. LyriX особенно эффективен для построения ИСБ компаний с распределённой филиальной структурой [5].

Основными достоинствами многофилиальной системы являются:

- центральный офис компании может получать сообщения о событиях из удалённых филиалов как в реальном времени, так и в виде отчётов;

- в любом офисе можно вести выдачу карт сотрудникам для прохождения во все филиалы;
- возможна централизованная настройка и администрирование систем, контролирующих удалённые филиалы;
- возможно управление оборудованием удалённого филиала из центрального офиса;
- работа локальных подсистем безопасности каждого филиала не зависит от работоспособности других филиалов многофилиальной системы;
- работа локальных подсистем безопасности каждого филиала не зависит от состояния канала связи между филиалами системы.

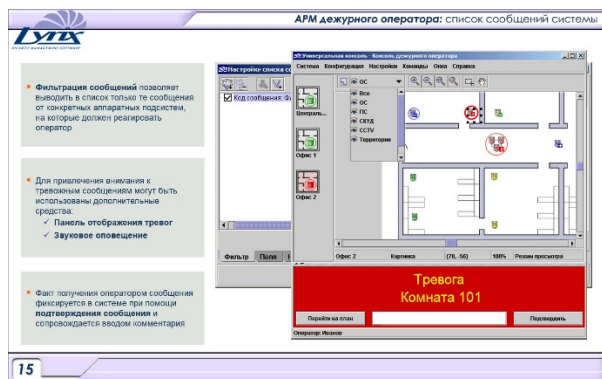


Рис. 6. Слайд презентации по LyriX

В модуле рассматривается структура LyriX и принципы её работы. Слушатели на лабораторных работах знакомятся с пользовательским интерфейсом LyriX, возможностями системы по организации рабочих мест операторов (оперативных дежурных) и администраторов, инструментами по управлению объектом и получению различной отчётно-справочной информации как по состоянию оборудования, так и по различным типам событий (прохода, тревог и т.д.).

LyriX функционирует в двух режимах: Standard и Enterprise. Первый из них предназначен для управления монолитной ИСБ, второй — для распределённой многофилиальной системы. Рассматриваются механизмы передачи информации между филиалами и центральным офисом, а также вопросы повышения надёжности системы в целом за счёт распределения нагрузки и «горяче-

го резервирования» ядра и основных драйверов LyriX.

В результате прохождения модуля слушатели получают навыки проектирования больших многофилиальных ИСБ, конфигурирования, администрирования и оперативного управления как отдельных филиалов, так и всей системы в целом, а также получения различных информационно-справочных отчётов на основе событий, сохранённых в базе данных LyriX.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В связи с широким внедрением ИСБ специалисты данного профиля весьма востребованы в настоящее время. В рамках ЦПП НИТВИД ежегодно проходят переподготовку около сотни слушателей, практически занимающихся проектированием, разработкой, внедрением и эксплуатацией ИСБ, построенных на базе Apollo, APACS 3000 и LyriX. Итогом курса является то, что у слушателей формируются профессиональные компетенции, необходимые для успешной деятельности в области информационного обеспечения интегрированных систем технической безопасности объектов. При этом необходимо отметить, что практические знания и навыки слушателей дают обратную связь курсу, который постоянно совершенствуется, в том числе и за счёт обновления программных комплексов APACS 3000 и LyriX силами сотрудников кафедр ПМ в рамках заключённых с холдингом ААМ Системз договоров на их доработку и модернизацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гинце А.А. Интеграция автоматических алкотестеров в СКУД // Транспортная безопасность и технологии. 2014. № 4(39). С. 166—167.
2. Покупатели оценили сетевые СКУД. Надёжность, универсальность, прибыльность // Системы безопасности. 2014. № 4(118). С. 106—108.
3. Гинце А.А. Приметы будущего сегодня, или Биометрическая экзотика становится повседневной // Системы безопасности. 2014. № 2(116). С. 106—107.
4. Малышев Д.С. APACS 3000 — курс на операционную систему безопасности // Системы безопасности. 2006. № 5(71). С. 166—167.
5. Шаповалов А.В. LyriX — управление ИСБ многофилиальных объектов // Системы безопасности. 2014. № 2(116). С. 104—105.

P.L. Chernov¹, A.A. Gintze², A.A. Yefanov¹, I.A. Yegorov¹

ChernovPL@mpei.ru; a.ginze@aamsystems.ru; YefanovAnA@mpei.ru; YegorovIA@mpei.ru

¹National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

²AAM Systems, Moscow

ADVANCED TRAINING OF SPECIALISTS IN THE FIELD OF INTEGRATED SECURITY SYSTEMS

SUMMARY

This report deals with the structure and characteristics of the advanced training course for specialists in integrated security systems (ISS) of technical facilities. In this report the basic concepts and objectives of the ISS are formulated. The hardware and software tools for building the ISS of different classes - from the small to the large territorially dispersed facilities - are analyzed. Examples of configuring information support of the ISS, as well as generated reports on various events taking place in the facility are provided.

О БАЗОВОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРОВ

АННОТАЦИЯ

В докладе рассматривается проблема базовой компьютерной подготовки инженеров в вузах, состоящей в недостаточном понимании цели этой дисциплины. Проблема решается, если эту подготовку рассматривать как часть общей математической подготовки и цель её — научить студента решать задачи на компьютере. Программирование рассматривается как своеобразный способ решения задачи. Обучение программированию — это обучение технологии решения задач на компьютере.

ВВЕДЕНИЕ

Сложность проблемы «Чему учить?» и «Как учить?» в области компьютерной подготовки будущих инженеров постоянно растёт, отражая быструю смену поколений машин, поколений программного обеспечения и программных новинок.

К настоящему моменту ситуацию в области базовой компьютерной подготовки можно оценить как кризисную. Подтверждением этому является противоречивый спектр требований различных кафедр от использования «модно-го» языка Си++ как базового языка программирования до («программирование отмирает!») знакомства с текстовыми редакторами и электронными таблицами. Менялись базовые языки программирования: Алгол, Бейсик, Фортран, Си, Паскаль, менялось название базового курса («Алгоритмические языки и программирование», «Основы программирования» и т.д.). Но даже последнее название «Информатика», совпадающее со школьным названием, не способствует проведению чётких границ со школьной «Информатикой». В школах отсутствует единая программа по информатике. Школьники приходят в вуз, имея разный уровень подготовки по программированию, а нередко даже нулевой.

О БАЗОВОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПОДГОТОВКЕ

Исходная позиция автора основана на том, что дисциплина «Информатика», назначение которой является базовая компьютерная подготовка в вузах, является частью общей математической подготовки и цель её — научить студента решать задачи на компьютере. При этом она должна включать весь круг проблем, с которыми он сталкивается при использовании компьютера для решения его задачи: от постановки задачи до получения правильных результатов. Программирование рассматривается как своеобразный способ

решения задачи. Своеобразие заключается в использовании компьютера.

Итак, основными причинами, которые обусловили актуальность поднятой проблемы, являются следующие.

Во-первых, бурное внедрение вычислительной техники во все области деятельности требует производства программ как стандартных изделий, подчиняющихся всем требованиям к такому, с тем, чтобы в ограниченные сроки выпускать качественные программные продукты большого объёма и самого различного назначения.

Во-вторых, любой выпускник вуза, даже не участвующий в производстве программ, должен уметь грамотно использовать компьютер как помощника в своей профессиональной деятельности. Поэтому необходимо поднять уровень преподавания информатики, рассматривая её как часть математического образования.

В-третьих, к настоящему моменту концептуально полностью сформировался подход к методологии программирования, что с необходимостью должно принципиально менять подход к обучению программированию.

И, наконец, в-четвёртых, все эти знания надо донести до слушателей, не имеющих специальной подготовки, чтобы способствовать у них выработки алгоритмического способа мышления в короткое время.

Для решения этих проблем потребовалась перестройка базового курса по программированию, который сейчас состоит из двух семестровых курсов «Основы информатики» (Структурирование алгоритмов) и «Информатика» (Структурирование данных). Научным фундаментом курса является современная методология программирования, и в первую очередь структурный подход к конструированию алгоритмов и нисходящий способ разработки программ.

В курсе впервые представлен целостный подход к решению задачи на компьютере путём нисходящего проектирования алгоритмов и структур данных в их взаимосвязи, начиная с постановки и спецификации задачи и кончая отладкой алгоритма на конкретном языке программирования. При этом рассмотрение доведено в большой степени до формализованного, систематического аппарата проектирования, в то время как в литературе вопросы проектирования алгоритмов носят общий характер, а вопросы зависимости алгоритмов от структур данных только затрагиваются либо даются в описательном виде.

Это крайне важно с методической точки зрения, так как даёт возможность сформировать у обучаемого полную и обобщенную схему ориентировочной основы деятельности. В результате позволяет действительно обучать методике решения задач, а не написанию программ решения отдельных задач на конкретном языке программирования, когда формирование ориентировочной основы осуществляется индуктивным путём и по большей части неуправляемо.

Благодаря проработке до уровня конкретных методик по отдельным частям курса излагаемый материал даёт возможность его варьирования для решения различных дидактических задач на различных уровнях и этапах обучения, а также для применения различных организационных форм обучения, специфичных для вуза.

С практической точки зрения, учитывая длительность обучения в вузе, крайне важно, чтобы полученные знания были актуальными и по завершении обучения. Здесь методика, охватывая самые общие концепции современной технологии разработки программ, может быть использована в самых разных областях приложения, касающихся разработки программных продуктов.

В качестве языка проектирования может использоваться как структурированный язык программирования (Паскаль), так и псевдокод с русской мнемоникой, по существу представляющий собой несколько усечённую в учебных целях версию языка проектирования программ PDL.

Итак, цель курса — это обучение современной технологии решения задач на компьютере, которая инвариантна относительно конкретного языка, конкретной машины и характера задачи.

Если ограничиться рассмотрением только процедурно-ориентированных языков программирования и иметь в виду практическую направленность курса, то эта цель достигается следующими основными средствами.

Теоретическим фундаментом курса является идеология структурного программирования.

Технология решения задач основывается на следующих принципах:

1) строгой последовательности этапов решения задачи;

2) удовлетворении разрабатываемой программой определённых свойств;

3) использовании нисходящего способа проектирования и отладки программы.

Содержание курса. Если учесть, что программа = алгоритм + данные и опираться на идеологию структурного программирования, то годовой курс делится на два раздела: 1 семестр — Структура алгоритмов, 2 семестр — Структура данных.

Базовый язык обучения — язык Паскаль, который является эталоном процедурно-ориентированных языков, так как в нём заложена идея структурного программирования (воплоче-

на главная метафора процедурно-ориентированных языков программирования).

Благодаря использованию надязыкового подхода процесс перекодирования алгоритма на конкретные языки программирования проводится с очень большой степенью формализации для достаточно широкого круга задач.

Особое место в процессе разработки качественных программ занимает предупреждение ошибок, уже начиная с постановки и спецификации задачи.

Проблеме тестирования уделено особое внимание. Рассмотрены различные виды тестов и критерии тестирования. Разработка тестов (основы для отладки) начинается уже на этапе проектирования.

Весь процесс разработки, начиная от постановки задачи, сопровождается документированием.

Практика преподавания информатики согласно изложенным концепциям показывает высокую эффективность курса для обеспечения должного уровня компьютерной подготовки при разной степени подготовки студентов в области программирования.

Этот курс при постоянном совершенствовании содержания и методики преподавания читался студентам МЭИ различных специальностей: «Динамика и прочность машин», «Конструирование электронной вычислительной аппаратуры», «Системотехника», а в данный момент «Прикладная математика», «Математические методы моделирования». Апробирование курса подтвердило его высокую эффективность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, инженер — это специалист, владеющий технологиями производства в своей области, т.е. совокупностью методов, а также правилами и порядком их применения, обеспечивая получение в срок качественного продукта.

В основе любого производства и в производстве программных продуктов лежит технология. Поэтому изучая программирование как технологию решения задач, будущий инженер уже в начале своего обучения в вузе приобретает не только навыки программирования, но и опыт, необходимый для своей профессии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Чуркина Л.В., Перевезенцева Е.С., Котарова И.Н.** Технология разработки структурированных алгоритмов. М.: МЭИ, 1988.
2. **Чуркина Л.В.** Нисходящая разработка многомодульных программ на языке Паскаль. М.: МЭИ, 1998.
3. **Чуркина Л.В.** Решение задач в системе Паскаль. Структуры алгоритмов. Простые переменные. Сборник лабораторных работ: методическое пособие. М.: Издательство МЭИ, 2011.
4. **Чуркина Л.В.** Решение задач в системе Паскаль с использованием рекурсии: методическое пособие. М.: Издательство МЭИ, 2011.

СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОТОКОВ ДАННЫХ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ РАБОТЫ АНТИФРОД СИСТЕМ

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается задача создания системы моделирования больших потоков данных (Big data) биллинговых систем с целью применения полученных результатов в научных исследованиях по разработке алгоритмов систем контроля финансовых, энергетических и материальных потоков данных (антифрод систем) и для обучения специалистов по экономической и информационной безопасности.

ВВЕДЕНИЕ

Биллинговая система [1] – это автоматизированная система расчётов компании-поставщика товаров или услуг с клиентами. Биллинговая система выполняет следующие функции:

- учёт и обработку данных о клиентах, товарах, услугах, платежах и других объектах и событиях;
- расчёт стоимости товаров или услуг исходя из заданной в системе информации о ценах, тарифах и других стоимостных характеристиках;
- выставление счётов клиентам и организация прочих форм отчётности и другие функции.

Биллинговые системы применяются в самых различных сферах бизнеса, а результаты их работы в виде потоков данных могут быть использованы в системах экономической и информационной безопасности. При этом с точки зрения информационной безопасности решается задача обеспечения целостности потоков данных и их достоверности путём выявления ложных и «неправильных» (отклоняющихся от заданного профиля) транзакций, а с точки зрения экономической безопасности — это выявление мошеннических схем по заранее заданным сценариям их возможной реализации и выявление самих сценариев [2]. В антифрод системах эти две парадигмы реализуются, как правило, одновременно. Причём вторая задача требует значительно больше усилий. Таким образом, возникает актуальная задача моделирования результатов работы биллинговых систем с возможностью имитации ложных и недостоверных транзакций, сценариев мошеннических действий, связанных с изменениями учётных и расчётных данных, сокрытием и маскировкой результатов под технологические, производственные, временные, сезонные и другие процессы, влияющие на результаты работы биллинговых систем. Подобные имитационные модели могут быть использованы для контроля работы антифрод систем и их настройки, а также для выявления заранее заданных, но неизвестных антифрод системе сценариям мошенничества.

1. ОСОБЕННОСТИ БИЛЛИНГОВЫХ ПОТОКОВ ДАННЫХ

Форма представления и диапазон значений данных, с которыми работает биллинговая система, могут сильно различаться в зависимости от специфики отрасли рассматриваемого предприятия. Однако общая особенность заключается в том, что каждому значению (единице данных) ставится в соответствие временная метка при совершении какой-либо операции. В результате данные имеют вид временного ряда, представляя собой пары время – текущее значение. Например, время — сумма средств на счёте (в банковской сфере) или время — количество потребленной энергии (в топливно-энергетической сфере). Таким образом, природа потоков данных биллинговой системы позволяет применять различные модели временных рядов и соответствующие статистические, регрессионные и другие методы анализа данных для их исследования [3].

Основная трудность заключается в генерировании самих значений временного ряда. Такая задача часто возникает на практике, когда необходимо проверить какую-либо гипотезу или новый подход по выявлению мошенничества в потоке данных. Обычно эти подходы основаны на цепочке правил или деревьях принятия решений [3], а проверка происходит на выборке реальных данных биллинговой системы. Но проблема заключается в том что, используя реальные данные, мы чаще всего не можем знать, какая часть из них действительно несёт в себе мошеннический сценарий, а какая нет. Таким образом, оценка результата работы проверяемого механизма анализа носит достаточно ограниченный характер, что в итоге может отрицательно повлиять на эффективность работы антифрод систем.

Для решения этой задачи и получения достоверной модели биллингового потока данных необходимо определить, какие признаки мошенничества могут содержаться в биллинговых данных, и провести формализацию этих признаков в управляющие параметры имитационной модели.

2. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ

Учитывая вышеописанные особенности потока данных биллинговой системы, он может быть представлен в виде математической аддитивной модели следующего временного ряда:

$$y_t = \sum_t (r_t + c_t + s_t + a_t^0 + a_t^c + i_t + \delta_t + \varepsilon_t), \quad (1)$$

где y_t — выходные данные биллинговой системы;

y_t — значение тренда;

c_t — значение циклической компоненты ряда;

s_t — сезонное значение ряда;

a_t^0 — компонента общих признаков мошенничества;

a_t^c — компонента специализированных признаков мошенничества;

i_t — интервенции временного ряда;

δ_t — «белый шум»;

ε_t — случайная ошибка.

Наибольший интерес представляют параметры a_t^0 и a_t^c , которые искажают данные временного ряда за счёт введённых сценариев изменения транзакций и мошеннических схем.

Первый из них a_t^0 определяет общие признаками мошенничества, к которым относятся:

- отклонения от стандартных профилей поведения моделируемого объекта в границах совершаемой операции, нетипичный диапазон значений, необычная активность и частота совершаемых операций и другие характерные признаки;

- отсутствие целостности потоков данных.

Поскольку признаки из этого класса могут присутствовать в данных во всех биллинговых системах независимо от сферы деятельности, то и сами методы их обнаружения являются достаточно универсальными и однообразными. Поэтому они входят в модель потоков данных биллинговой системы в качестве обязательной, статической компоненты. Другой класс признаков a_t^c в рассматриваемой модели (1) можно назвать отраслевым или специализированным. Эти признаки определяются заложенными мошенническими схемами, уязвимостями биллинговых систем и особенностями контролируемых процессов. В основе таких сценариев лежит скрытие (маскировка) следов изменений потоков данных под сезонные, циклические или другие изменения, перенаправление этих потоков или их умышленное искажение и прерывание.

Моделирование работы биллинговых систем позволит реализовать механизмы распознавания признаков мошеннических действий в различных сферах деятельности, например:

- атаки на сервисы дистанционного банковского обслуживания и компрометацию платёжных инструментов клиентов;

- занижение реально потреблённой энергии, махинации с тарифами и бонусными программами в топливно-энергетическом комплексе;

- обнаружение мошенничества при проведении кассовых операций, фальсификация остатков товара на складе и другие операции, относящиеся к ритейлу.

Каждому виду такого специализированного мошенничества соответствуют свои признаки и состояние данных, по которому его можно обнаружить.

Содержание мошеннических схем зависит от алгоритмов работы биллинговых систем и решаемых на их основе задач [2]. В реальной ситуации для определения возможных мошеннических схем необходимо провести аудит, разработать модель угроз и возможных сценариев их реализации, построить матрицу рисков и определить наиболее приоритетные из них. В задаче генерации тестовых потоков данных уже изначально предполагается, что требуется генерировать конкретную мошенническую схему.

Таким образом, описанные параметры входят в структуру данных биллингового потока, а их оценка позволяет смоделировать различные сценарии действий, представляющие интерес для исследователя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье изложена общая методология разработки системы моделирования потоков данных биллинговых систем, предложены параметры и модель потоков данных, позволяющая имитировать различные сценарии мошенничества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пашкова Л.С., Птицына Л.К. Выбор эффективной системы биллинга // Международный научно-исследовательский журнал. 2013. № 4.
2. Королёв М. И. Классификация угроз и направлений защиты фирмы // Хранитель. 2008. № 7.
3. Тюрина Д. Н. Использование методов Data mining в анализе деятельности предприятия // Бизнес-информ, 2013. № 3.

A.A. Chuhrov, A.S. Minzov

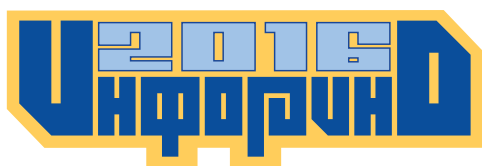
alexeych0@gmail.com

Dubna, International University of Nature, Society, and Man

THE SYSTEM OF SIMULATION DATA STREAMS TO RESEARCH MECHANISMS OF WORK ANTIFRAUD SYSTEMS

SUMMARY

The article considers the problem of developing the system modeling data streams of the billing systems. For the purpose of its application in scientific researches and in training specialists of economic and information security working in antifraud system development.



Секция 2

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ИНЖЕНЕРНЫХ РАСЧЕТАХ
И ПРОЕКТИРОВАНИИ**

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЫНОСА ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ В РАБОЧУЮ СРЕДУ ПАРОВОДЯНОГО КОНТУРА АЭС

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён проблемам разработки и применения программных средств при решении одной из актуальных проблем, возникающих при эксплуатации АЭС – эрозионно-коррозионного износа металла. Описаны принципы разработки и применения модели «КОНТУР АЭС», которая позволит численно оценить процессы эрозии-коррозии и выноса железосодержащих соединений в рабочую среду пароводяного контура АЭС и провести оценку эффективности различных мероприятий (оптимизация ВХР, выбор стойких металлов) по решению проблем эрозии-коррозии.

ВВЕДЕНИЕ

Для обеспечения надёжной и эффективной работы АЭС процессы эрозии-коррозии (ЭК) подвергаются оперативному контролю на основе действующих регламентов. В настоящее время в энергетической отрасли практикуется организация достаточно затратных долгосрочных опытно-промышленных испытаний на энергоблоках для получения данных о степени эффективности применения тех или иных реагентов в различных трактах технологического контура для подавления процессов ЭК износа. Моделирование процессов общей эрозии-коррозии металла элементов трубопроводов пароводяного контура позволит получить исходные данные с целью научно-обоснованного выбора стойких металлов и определения путей оптимизации водно-химического режима. Принципы разработки и применение математической модели пароводяного контура АЭС «Контур АЭС» для оценки процессов ЭК и выноса железа в рабочую среду представлены в докладе.

1. ЭРОЗИЯ-КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛА

Процессы эрозии-коррозии металлов TiO АЭС с ВВЭР реализуются в воде и двухфазных потоках рабочего тела практически во всем оборудовании и трубопроводах второго контура атомных электростанций, где имеется движущаяся рабочая среда. Эрозия — процесс износа поверхностного слоя металлов, возникающий от воздействия движущейся среды. Коррозия металла — разрушение металла, обусловленное химическим или электрохимическим воздействием внешней среды.

Выделяют общую (равномерный и реализующийся на больших площадях износ металла) и локальную эрозию-коррозию (зональное разрушение металла, вызванное особенностями гидродинамики потока). В результате общей ЭК происходит

вынос железосодержащих соединений в поток рабочего тела, что в конечном итоге приводит к образованию отложений в парогенераторах.

На АЭС проблема ЭК металла TiO решается одновременным применением активных и пассивных методов: своевременное проведение неразрушающего контроля металла, оптимизация водно-химического режима (ВХР), выбор более устойчивых к ЭК марок сталей и др.

2. ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ ЭК

Интенсивность процессов ЭК металла в основном зависит от химического состава металла, кислородосодержания, величины рН среды, особенностей гидродинамики, от степени влажности пара (для двухфазного потока) и других факторов.

Термодинамические параметры рабочей среды в значительной степени определяют протекание процесса ЭК. Температура оказывает влияние как на коррозионный, так и на эрозионный факторы, меняя характер и интенсивность ЭК. От температуры зависят физические свойства среды, значения коэффициентов распределения реагентов между паровой и жидкой фазами, коэффициент диффузии, растворимость оксидного защитного слоя, скорость химической реакции и другие.

Таким образом, для численной оценки интенсивности процессов ЭК металла TiO и выноса железосодержащих соединений в рабочую среду пароводяного контура необходимо знать величины термодинамических параметров потока, расхода, химического состава рабочей среды, химического состава металла на всех участках контура.

3. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПАРОВОДЯНОГО КОНТУРА АЭС

Для численной оценки выноса железосодержащих соединений в рабочую среду контура необходимо разработать математическую модель «КОНТУР АЭС» с применением программных средств. На рис. 1 представлена расчётная схема «КОНТУР АЭС», которая состоит из участков, обозначенных цифрами, и оборудования. Вся схема контура поделена на шесть трактов по технологическому назначению: свежий пар, влажный пар, основной конденсат, питательная вода, слив сепарата, конденсат греющего пара.

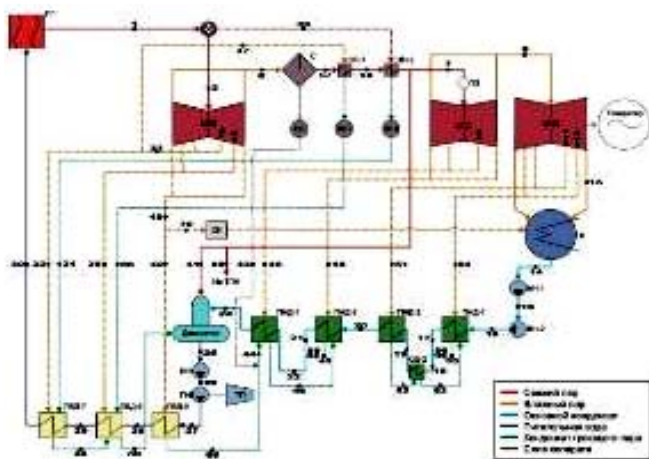


Рис. 1. Расчётная схема математической модели «КОНТУР АЭС»

Математическая модель «КОНТУР АЭС» должна основываться на принципиальной тепловой схеме пароводяного контура АЭС, математических моделях основного энергетического оборудования и трубопроводов, математическом аппарате решения системы нелинейных уравнений, методике расчёта термодинамических свойств рабочего тела, методике определения уровня pH при известном химическом составе рабочей среды, коде «РАМЭК» [2] для оценки интенсивности процессов ЭК.

Исходными данными для работы с «КОНТУР АЭС» должны являться: мощность турбоустановки (режим работы), технические характеристики основного оборудования, концентрации и физико-химические свойства дозируемых реагентов и примесей (режим ВХР), химический состав для каждого участка, начальное приближение всех неизвестных величин.

В «КОНТУР АЭС» должна быть заложена система соотношений, связывающих между собой все искомые величины контура. Для конкретных исходных данных в результате решения можно получить для каждого участка: температуру, давление, влажность, расход, уровень pH рабочей среды и скорость ЭК износа трубопрово-

дов, вынос продуктов коррозии с поверхности участков трубопроводов. Необходимо отметить, что при построении математической модели должен быть сделан ряд допущений. Для оценки точности и адекватности полученных результатов должны быть предусмотрены определённые численные критерии.

Полученные расчётные значения скорости общей эрозии-коррозии для каждого участка пароводяного контура в «КОНТУР АЭС» позволят выявить участки трубопроводных систем, наиболее подверженные ЭК, что в конечном итоге позволит оценить эффективность и необходимость мероприятий по решению проблем ЭК и образования отложений в парогенераторе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработка математической модели «КОНТУР АЭС» позволит численно оценить интенсивность протекания процессов ЭК на участках пароводяного контура и вынос железа в рабочую среду. Как следствие, использование «КОНТУР АЭС» позволит проводить оценку эффективности различных мероприятий (по оптимизации ВХР, выбору стойких металлов) для решения проблемы ЭК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Томаров Г.В., Шипков А.А.** Диаграмма значений pH жидкой и паровой фаз при изменении агрегатного состояния H_2O в технологическом контуре АЭС и ТЭС // Теплоэнергетика. 2010. № 7. С. 31—37
2. **Аттестационный паспорт** ПС РАМЭК-1 № 359 от 14.10.2014. 6 с.
3. **Томаров Г.В., Шипков А.А.** Эрозионно-коррозионный вынос железосодержащих соединений – источник отложений в парогенераторах АЭС с ВВЭР // Теплоэнергетика. 2011. № 2. С. 54—61.
4. **Тепловые и атомные электростанции: Справочник** / под общ. ред. А.В. Клименко и В.М. Зорина. – 3-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство МЭИ, 2003. 648 с.
5. **Helm M.J.** Power Plant Degradation: A Modular Secondary Plant and Integrated Flow Accelerated Corrosion Model // Thesis of Dr.Ph. Massachusetts Institute of Technology, 2001.

D.V. Aflitonov, A.A. Shipkov

aflitonovdv@gmail.com; shipkovaa@MPEI.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

SOFTWARE TOOLS APPLICATION TO INGRESS OF IRON-CONTAINING COMPOUNDS TO NPP WATER-STEAM LOOP BULK FLOW ESTIMATION

SUMMARY

The report is devoted to the problems of software tools development and application in solution one of actual problem of NPP use — flow accelerated metal corrosion. Development and application principles of model «Kontur AES», that allows to numerically estimate the erosion-corrosion processes and the ingress of iron-containing compounds to NPP water-steam loop bulk flow and to perform the estimation of efficiency of different measures (the optimization of water chemistry, selection of resistant metals) solving erosion-corrosion problem, are discussed.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИНЖЕНЕРНЫХ РАСЧЁТАХ И ПРОЕКТИРОВАНИИ СОСТАВНЫХ ПЬЕЗОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён применению метода конечных элементов при проектировании составных пьезокерамических преобразователей. На основе закона сохранения энергии пьезоэлектрического тела выведены матричные уравнения движения и электростатики поляризованного по толщине осесимметричного пьезокерамического элемента.

ВВЕДЕНИЕ

Метод конечных элементов (МКЭ) представляет собой эффективный численный метод решения инженерных и физических задач. На сегодняшний день область применения МКЭ обширна и охватывает практически все физические задачи, которые могут быть описаны дифференциальными уравнениями [1]. В работе [2] впервые указана возможность применения МКЭ к решениям линейных задач пьезоупругости для трёхмерных тел, где авторы при выводе системы уравнений движения конечно-элементной модели пьезокерамического тела исходили из вариационного принципа. Однако данный подход при учёте реальных свойств материалов нельзя считать до конца последовательным, так как вариационный принцип в работе [2] получен введением добавочных членов и соответствующего соотношения для линейно-упругого тела лишь на основании аналогий между электрическими и механическими величинами.

1. ОСНОВНЫЕ СООТНОШЕНИЯ СВЯЗАННОЙ ПЬЕЗОУПРУГОЙ ЗАДАЧИ ПЬЕЗОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Для применения общей теории МКЭ к конкретной физической задаче необходимо располагать средствами перехода от дифференциальных соотношений к интегральным. Наряду с вариационной постановкой задачи такой переход может быть осуществлён с помощью закона сохранения энергии пьезокерамического тела. В связи с этим при выводе матричного структурного уравнения движения будем исходить из энергобаланса пьезоэлектрического тела [3].

Рассмотрим закон сохранения механической и электрической энергии в некотором объёме пьезоэлектрической среды. Пусть тело объёмом V , ограниченное поверхностью S , нагружено системой поверхностных электрических и механических сил, изменяющихся во времени. При

этом S_1, S_2 — части поверхности S , на которую действуют поверхностные силы и которая находится под действием электрических нагрузок соответственно. Закон сохранения энергии пьезоэлектрического тела запишем следующим образом [3]:

$$\dot{T} + \dot{U} = W - H; \quad -\dot{U}_g = W_g \quad (1)$$

где $\dot{U}, \dot{T}, \dot{U}_g$ — скорости изменения внутренней, кинетической и электромагнитной энергий в объёме тела; W, W_g — скорости совершения работы внешними механическими и электрическими нагрузками; H — поток немеханической энергии в направлении внешней нормали к поверхности S . Здесь и в дальнейшем точкой обозначена производная по времени. Пренебрегая тепловыми и магнитными эффектами, исходные соотношения представим в виде [3]

$$T = \int_V \rho_k \ddot{u}_i \ddot{u}_i dv; \quad \dot{U} = \int_V \left(T_{ij} \dot{S}_{ij} + \vec{E} \vec{D} \right) dv; \quad (2)$$

$$U_g = \frac{1}{2} \int_V \vec{E} \vec{D} dv; \quad H = \int_V \vec{\phi} \vec{D} \vec{n} ds; \quad (3)$$

$$W_g = \frac{1}{2} \frac{d}{dt} \int_{S_2} \phi \sigma ds; \quad W = \int_{S_1} \vec{\rho} \vec{u} ds; \quad (4)$$

$$\vec{E} = \text{grad} \phi; \quad \text{div} \vec{D} = 0,$$

где σ — плотность поверхностных зарядов на электродах.

Подставив (2) – (4) в уравнения (1) после несложных преобразований, получим систему уравнений связанной пьезоупругой задачи в интегральной форме:

$$\int_V \rho_k \dot{u}_i \dot{u}_i dv + \int_V T_{ij} \dot{S}_{ij} dv = \int_{S_1} \rho_{ni} \dot{u}_i ds; \quad (5)$$

$$\int_V \dot{E}_i D_i dv = - \int_{S_2} \phi \sigma ds. \quad (6)$$

Электромеханическое сопряжение уравнений (5) и (6) осуществляется путём введения конкретных уравнений пьезоэффекта.

2. ВЫВОД МАТРИЧНОГО УРАВНЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ И ЭЛЕКТРОСТАТИКИ ОСЕСИММЕТРИЧНОГО ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКОГО ТЕЛА

Из полученных уравнений (5) и (6) выводим матричные уравнения движения и электростатики для поляризованного по толщине осесимметричного пьезокерамического тела. Для конечно-элементной модели осесимметричного пьезопреобразователя используем элемент в виде кольца прямоугольного сечения с узлами i, j, k, l . Компоненты вектора смещения и электростатический потенциал в произвольной точке (r, z) прямоугольного элемента обозначим через u, w, φ и аппроксимируем их полиномами:

$$\begin{aligned} u &= a_1 + a_2 r + a_3 z + a_4 r z; \\ w &= a_5 + a_6 r + a_7 z + a_8 r z; \\ \varphi &= a_9 + a_{10} r + a_{11} z + a_{12} r z. \end{aligned} \quad (7)$$

Здесь $a_1 - a_{12}$ — неизвестные коэффициенты, которые определяются через значения узловых смещений и потенциала.

Вывод матричных уравнений движения и электростатики поляризованного по толщине осесимметричного пьезокерамического элемента, исходя из (5), (6) и (7), описан в [4]. Здесь приведём окончательные результаты:

$$\begin{aligned} \omega^2 [m]_9 \{v\} + [k_{uu}]_9 \{v\} + \frac{e_{15} \Psi_0}{c_{44} h} [k_{u\varphi}]_9 \{\psi\} &= \\ = \frac{1}{c_{44}^E} \{f\}_9; \end{aligned} \quad (8)$$

$$[k_{u\varphi}]_9 \{v\} + \frac{\varepsilon_{11}^S \Psi_0}{e_{15} h} [k_{\varphi\varphi}]_9 \{\psi\} = \frac{1}{e_{15}} \{q\}_9. \quad (9)$$

Принятые в (8), (9) обозначения введены в [4].

Определив вектор столбец узловых потенциалов $\{\psi\}$ из (9) и подставив в (8), получим окончательно матричное уравнение движения элемента осесимметричного пьезоэлемента:

$$\left(\omega^2 [m]_3 + [k_{uu}]_9^* \right) \{v\} = \{f\}_9^*;$$

где $[k_{uu}]_9^* = [k_{uu}]_9 - \frac{e_{15}^2}{\varepsilon_{11}^S c_{44}^E} [k_{u\varphi}]_9 [k_{\varphi\varphi}]_9^{-1} [k_{\varphi u}]_9$;

$$\{f\}_9^* = \frac{1}{c_{44}^E} \{f\}_9 - \frac{e_{15}}{\varepsilon_{11}^S c_{44}^E} [k_{u\varphi}]_9 [k_{\varphi\varphi}]_9^{-1} \{q\}_9.$$

Полное структурное уравнение движения осесимметричного пьезокерамического тела формируется сложением вкладов отдельных элементов в узлах:

$$\left(\omega^2 [M] + [K] \right) \{V\} = \{F\}, \quad (10)$$

где $[M] = \sum_9 [m]_9$ и $[K] = \sum_9 [k_{uu}]_9$ — глобальные матрицы массы и жёсткости пьезоэлемента;

$\{V\} = \{u_1, w_1, \dots, u_n, w_n\}^t$ и $\{F\} = \sum_9 \{f\}_9$ — вектора

перемещений и узловых сил, отнесённых к глобальным узлам.

При $\{F\} = \{0\}$ в (10) получим уравнение для задачи о свободных колебаниях осесимметричного пьезокерамического тела:

$$\left(\omega^2 [M] + [K] \right) \{V\} = \{0\}.$$

Данные граничные условия для каждой конкретной задачи учитываются при разработке программы расчёта преобразователя. Аналогичным образом, как для прямоугольного элемента, можно вывести матричное структурное уравнение движения осесимметричного пьезокерамического тела в случае разбиения преобразователя на треугольные элементы. В качестве примера рассмотрен дисковый преобразователь из пьезокерамики BaTiO₃, поляризованный по толщине и приведённый в движение с помощью электрического напряжения, приложенного к сплошным электродам. Сравнение рассчитанных первых трёх значений собственных частот преобразователя с помощью программы MatLab по МКЭ с экспериментальными результатами показала на их хорошее совпадение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, можно заключить, что выведенные на основе закона сохранения энергии матричные уравнения движения и электростатики поляризованного по толщине осесимметричного пьезокерамического элемента даёт при инженерных расчётах и проектировании их практически приемлемые результаты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зинкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация. М.: Мир, 1986.
2. Аронов Б.С., Никитин Л.Б. О расчёте колебаний изгиба пьезокерамических пластин // Акустический журнал. 1981. Т. 27. № 5. С. 687—696.

3. **Павленко О.Г.** Об энергетическом балансе пьезоэлектрических преобразователей // Радиотехника и электроника. 1977. Т. 22. № 1. С. 118—125.
4. **Алавердиев А.М., Ахмедов Н.Б., Шермергор Т.Д.** Исследование колебаний осесимметричных пьезопреобразователей с помощью метода конечных элементов. В кн.: Физика микрoэлектронных приборов. М.: МИЭТ, 1986. С. 20—30.
5. **Балабаев С.М., Ивина Н.Ф.** Анализ пьезопреобразователей комбинированным методом конечных и граничных элементов // Акустический журнал. 2006. Т. 42. № 2. С. 072—178.

N.B. Ahmadov

aktamngo@yahoo.com

Azerbaijan Technical University, Baku

APPLICATION OF INFORMATION TECHNOLOGIES ON ENGINEERING CALCULATIONS AND PLANNING OF PIEZO TRANSDUCERS

SUMMARY

Report is dedicated to the application methods of endpoint elements in compound piezo ceramic transducers. Based on energy conservation law, polarized in thickness axially symmetric piezo ceramic elements movement and electrostatic matrix equation was introduced.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РАЗРЯДА В ВОЗДУХЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРЁХМЕРНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён теоретическим исследованиям лавинного и стримерного электрического разряда в воздухе, проведённым автором на кафедре ТЭВН Национального исследовательского университета «МЭИ». Представлена их трёхмерная математическая модель. Кратко рассказано о результатах изучения с её помощью лавинно-стримерного перехода, распространения катодонаправленного стримера и его ветвления. Отмечена роль этих исследований в инженерном электрофизическом образовании.

ВВЕДЕНИЕ

Лавинный и стримерный электрический разряд в воздухе является источником сильного электрического поля, в котором образуются химически активные частицы (радикалы), участвующие затем в реакциях в воздушной среде. Это позволяет использовать его в промышленных (например, электросинтез озона) и природоохранных (конверсия примесей в отходящих газах) высоковольтных электротехнологиях в качестве источника радикалов. Коронный стримерный разряд является источником электромагнитных помех, излучаемых воздушными линиями электропередачи (ВЛ). Поэтому математическое моделирование разряда является инструментом для изучения физических процессов в электротехнологических установках и вблизи проводов ВЛ, выработки принципов повышения эффективности электротехнологий и решения проблем электромагнитной совместимости у ВЛ. Изучение свойств электрических разрядов и их математических моделей как одного из средств исследования разрядных процессов является важной частью образования инженеров в области техники и электрофизики высоких напряжений.

Импульсный стримерный разряд в воздухе представляет собой нестационарную трёхмерную структуру, развивающуюся в пространстве и времени. Факторы, определяющие эту структуру, — это одновременное развитие в разрядном промежутке множества стримеров и их ветвление. Поэтому любая математическая модель, претендующая на сколько-нибудь полное описание процессов, протекающих на стримерной стадии разряда в воздухе, должна учитывать трёхмерный характер его структуры.

1. ТРЁХМЕРНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЛАВИННОЙ И СТРИМЕРНОЙ СТАДИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РАЗРЯДА В ВОЗДУХЕ

Закономерности одновременного развития катодонаправленных стримеров в воздухе и их ветвления определяются структурой и величиной электрического поля, в котором они развиваются, а также фотоионизацией газа излучением электрического разряда.

Для математического описания электронных лавин и стримеров в работе предложено использовать трёхмерную гидродинамическую модель электрического разряда [1], включающую систему дифференциальных уравнений в частных производных [см. (1)—(5)] и дополняющие её граничные и начальные условия. В ней учитываются процессы дрейфа свободных электронов в электрическом поле, ударной ионизации газа электронами, их прилипания, развала отрицательных ионов, ионно-ионной и электронно-ионной рекомбинации, фотоионизации газа излучением разряда.

В модели описываются процессы, происходящие с тремя видами заряженных частиц: свободными электронами, обезличенными положительными и отрицательными ионами. Поэтому в неё включены три уравнения неразрывности потока заряженных частиц [формулы (1)—(3)], описывающие изменение в пространстве и времени концентраций свободных электронов N_e [уравнение (1)], положительных N_+ (2) и отрицательных N_- ионов (3). Кроме них в модель входят уравнение Пуассона (4), описывающее распределение скалярного потенциала электрического поля φ , и известное уравнение связи (5) между ним и вектором напряжённости поля \mathbf{E} . Поскольку скорость дрейфа электронов в поле примерно на два порядка больше, чем ионов [3], то их дрейф в модели не учитывается. С учётом сказанного уравнения (1)—(5) в данном случае приобретают следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{\partial N_e}{\partial t} + \operatorname{div}(N_e \mathbf{v}_e) = & (\alpha - \eta)N_e|\mathbf{v}_e| + \alpha_p N_-|\mathbf{v}_-| - \beta_{e+} N_e N_+ + S_\varphi; \end{aligned} \quad (1)$$

$$\frac{\partial N_+}{\partial t} = \alpha N_e|\mathbf{v}_e| - \beta_{e+} N_e N_+ - \beta_{\pm} N_+ N_- + S_\varphi; \quad (2)$$

$$\frac{\partial N_-}{\partial t} = \eta N_e|\mathbf{v}_e| - \alpha_p N_-|\mathbf{v}_-| - \beta_{\pm} N_+ N_-; \quad (3)$$

$$\Delta\varphi = -(N_+ - N_e - N_-)e/\varepsilon_0; \quad (4)$$

$$\mathbf{E} = -\operatorname{grad}(\varphi). \quad (5)$$

Здесь v_e и v — вектора скоростей дрейфа электронов и отрицательных ионов соответственно. Правые части уравнений (1), (2) и (3) определяют число частиц (электронов, положительных ионов и отрицательных ионов соответственно), появившихся в единице объёма в единицу времени благодаря процессам ударной ионизации (коэффициент α), прилипания электронов (η), развала отрицательных ионов (α_p), ионно-ионной (β_{\pm}) и электронно-ионной (β_{e+}) рекомбинации, фотоионизации (S_{ϕ}). Концентрации частиц, потенциал и напряжённость поля являются функциями времени t и декартовых пространственных координат x , y , z . Электроны движутся в направлении, противоположном направлению вектора E , т.е. $v_e = -k_e E$, где k_e — подвижность электронов.

В уравнениях (1)—(3) зависимости обобщённых коэффициентов элементарных процессов и скорости дрейфа электронов и ионов от напряжённости поля определяются в соответствии с рекомендациями, данными в [2], а интенсивность фотоионизации S_{ϕ} — в [3] и учебном пособии [4].

Система уравнений (1)—(5) дополняется начальными и граничными условиями для концентраций частиц и потенциала на электродах.

В модели принято допущение, что формирование разряда начинается с малых неоднородностей в начальном распределении свободных электронов. Поэтому предполагается, что в начальный момент времени $t = 0$ они присутствуют в межэлектродном пространстве только в этой неоднородности, отсутствуя в остальном его объёме. Кроме того, в начальный момент в пространстве равномерно распределены положительные и отрицательные ионы в равных концентрациях N_0 . Максимальная концентрация электронов в начальных неоднородностях и значение N_0 много меньше концентрации нейтральных молекул в воздухе N (при нормальных атмосферных условиях $N \approx 2,67 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$).

Граничные условия для заряженных частиц отражают допущение, что на поверхностях электродов отсутствуют их источники. Поэтому на аноде концентрация положительных ионов N_+ равна нулю, а на катоде — концентрации электронов N_e и отрицательных ионов N_- .

Граничные условия для потенциала соответствуют тому, что в начальный момент $t = 0$ к аноду прикладывается напряжение $U > 0$, в дальнейшем остающееся неизменным, а потенциал катода всегда равен нулю.

Для численного решения системы уравнений (1)—(5) предложен эффективный вычислительный алгоритм для расчёта трёхмерных положительных стримеров в воздухе, который отличается повышенным быстродействием и устойчивостью, что впервые позволило использовать его в

качестве рабочего инструмента для исследования свойств трёхмерных объёмных стримерных структур электрического разряда в воздухе от электронных лавин и лавинно-стримерного перехода до ветвления стримеров [5, 6]. Он основан на сеточном подходе к решению трёхмерных уравнений (1)—(5) модели разряда и включает в себя численное решение уравнения Пуассона (4) итерационным конечно-разностным методом верхней релаксации [7] и уравнения неразрывности потока электронов (1) явным конечно-разностным методом Куранта первого порядка [7, 8] в случае моделирования электронной лавины и конечно-объёмным методом Ван Лира «среднее гармоническое» [8] в случае моделирования стримера.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛАВИН И ЛАВИННО-СТРИМЕРНОГО ПЕРЕХОДА

Математическое моделирование развития электронной лавины и лавинно-стримерного (ЛС) перехода в воздухе с помощью этой модели и реализующего её программного обеспечения (ПО) показало следующее.

Моделирование развития электронной лавины вплоть до ЛС перехода показало, что традиционно называемый в литературе [1] его критерий, базирующийся на предположении о том, что он происходит, когда напряжённость электрического поля зарядов лавины становится сопоставимой с напряжённостью внешнего поля E_0 , не гарантирует во всём диапазоне значений E_0 появления между головкой и следом лавины квазинейтрального плазменного канала, чего требует определение стримера [1].

Поэтому при численном моделировании электронной лавины следует использовать критерий ЛС перехода, требующий появления между головкой и следом лавины квазинейтрального плазменного канала с отклонением от нейтральности не более 1 %.

В сильных электрических полях с напряжённостью $E_0 = 45 \div 80 \text{ кВ/см}$ критическое число электронов в лавине $n_{\text{крит}}$ примерно на порядок ниже, чем обычно указывается в литературе [1] ($\approx 10^8$), близко к $n_{\text{крит}} \approx 2 \cdot 10^7$ и слабо зависит от значения E_0 .

3. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ КАТОДОНАПРАВЛЕННЫХ СТРИМЕРОВ

Математическое моделирование развития катодонаправленных стримеров в воздухе посредством предложенной модели и реализующего её ПО, исследование влияния фотоионизации на распространение катодонаправленных стримеров, их параллельное развитие и ветвление показали следующее.

Фотоионизация газа излучением электрического разряда в воздухе мало влияет на развитие катодонаправленного разряда до момента лавинно-стримерного перехода [9]. Она увеличивает скорость распространения стримеров, ограничивает сверху максимальные значения напряжённости электрического поля и концентрации электронов в них. Минимальная напряжённость в канале, напротив, ограничивается снизу.

Фотоионизация может приводить к слиянию головок стримеров, распространяющихся параллельно на небольшом расстоянии друг от друга [9]. Существует предельное значение межстримерного расстояния, при котором фотоионизация ещё может обеспечить условия для слияния стримеров. Оно близко к диаметру одиночного стримера.

Фотоионизация может привести к слиянию стримерных ветвей, если их головки развиваются на малом расстоянии друг от друга, близком к диаметру стримера [10]. Если же расстояние между головками ветвей существенно превышает эту величину, то слияния не происходит.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЕТВЛЕНИЯ КАТОДОНАПРАВЛЕННЫХ СТРИМЕРОВ В ВОЗДУХЕ

Анализ публикаций, посвящённых ветвлению стримера, математическое моделирование ветвления катодонаправленных стримеров в воздухе при помощи предложенной модели привели к следующим выводам.

Среди множества гипотез, объясняющих ветвление стримера (развитие крупных лавин в сильном поле перед его головкой [11, 12], стохастические локальные колебания давления вблизи стримерной неё [13, 14], локальные усиления электрического поля вокруг присутствующих в воздухе частиц аэрозоля [13], развитие электростатической неустойчивости стримерной головки [15, 16, 17], распространение волн вторичной ионизации в его канале [18, 19]) в качестве основной выделена одна: о том, что к ветвлению приводит развитие крупных лавин в сильном поле перед стримерной головкой, возникающих благодаря неравномерности распределения начальных электронов вблизи неё. Высказано и обосновано предположение о том, что остальные механизмы нельзя исключить полностью, но сложно считать их основным объяснением ветвления стримеров в воздухе.

Проведённые автором вычислительные эксперименты показали возможность инициации ветвления катодонаправленного стримера в воздухе в результате его взаимодействия с одной или двумя электронными лавинами, которые появляются перед его головкой сбоку от линии, вдоль которой он распространяется. Обоснована возможность реализации такого механизма ветвления при условии, что эти лавины к моменту контакта

со стримером уже совершили лавинно-стримерный переход или их параметры близки к критическим.

Показано, что перестройка структуры электрического поля вблизи головки стримера в процессе её взаимодействия со встречной лавиной и нейтрализация положительного заряда стримерной головки в результате притока свободных электронов из лавины ограничивают снизу минимальное расстояние между исходным направлением распространения стримера и начальным положением встречной лавины: оно должно превышать диаметр стримерной головки в момент контакта с лавиной по меньшей мере в $1,8\div 1,9$ раза.

Если это отношение меньше, то взаимодействие стримера со встречной лавиной приводит к искривлению его траектории и, возможно, появлению слабой быстро затухающей ветви. Если оно больше, то встречная лавина инициирует формирование ветви первичного стримера.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенные автором трёхмерные математическая модель и реализующий её вычислительный алгоритм для расчёта самосогласованных электрических полей электронных лавин и стримеров в воздухе, отличающиеся повышенным быстродействием и устойчивостью решения, сделали трёхмерное математическое моделирование этих стадий электрического разряда не уникальным актом, требующим экстраординарных вычислительных затрат на суперкомпьютерах, а рабочим инструментом, доступным пользователю мощного настольного персонального компьютера и позволяющим ему детально исследовать трёхмерные особенности распространения стримеров в пространстве, их ветвления и параллельного развития. Это относится как к научно-исследовательским проектам, так и к учебным работам студентов.

Перечисленные разработки многократно использовались на кафедре ТЭВН НИУ «МЭИ» в учебном процессе при выполнении выпускных квалификационных работ бакалавров, дипломных работ и магистерских диссертаций. На их основе автором разработан компьютерный практикум «Электронная лавина и лавинно-стримерный переход в воздухе» по дисциплине «Электрофизические основы техники высоких напряжений» для студентов, обучающихся по профилю подготовки бакалавров «Высоковольтные электроэнергетика и электротехника». Расчёты, выполняемые студентами в его рамках, позволяют изучить динамику накопления заряженных частиц и соответствующего перераспределения электрического поля в лавине, зависимости критических параметров лавины от напряжённости поля, в котором она формируется, и используемого критерия лавинно-стримерного перехода, что способствует формированию у обучающихся наиболее полного представления об этой стадии электрического разряда в воздухе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Электрофизические** основы техники высоких напряжений: учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. / И.М. Бортник и др., под ред. И.П. Верещагина. М.: Издательский дом МЭИ, 2010.
2. **Соколова М.В., Сергеев Ю.Г.** Обобщённые данные по коэффициентам элементарных процессов разрядов в газе. В сб. Теория и практика электрических разрядов в энергетике / под ред. А.Ф. Дьякова. Петрозаводск: Издательство ЮЦПК РП «Южэнерготехнадзор», 1997. С. 26—56.
3. **Железняк М.Б., Мнацаканян А.Х., Сизых С.В.** Фотоионизация смесей азота и кислорода излучением газового разряда // ТВТ. 1982. Т. 20. № 3. С. 423—428.
4. **Сергеев Ю.Г.** Учёт фотоионизации при математическом моделировании газового разряда. М.: Издательство МЭИ, 1996.
5. **Белогловский А.А., Верещагин И.П., Хренов С.И.** Трёхмерная математическая модель стримерного разряда в воздухе с учётом ветвления и фотоионизации // Вестник МЭИ. 2011. № 3. С. 49—51.
6. **Белогловский А.А., Верещагин И.П.** Трёхмерное математическое моделирование стримерного разряда в воздухе с учётом ветвления: экономичный расчёт электрического поля // Электричество. 2011. № 11. С. 17—24.
7. **Самарский А.А., Гулин А.В.** Численные методы: учебное пособие для вузов. М.: Наука, 1989.
8. **Юргеленас Ю.В.** Алгоритм расчёта динамики заряженных частиц в диффузионно-дрейфовой модели стримера // Физико-технические проблемы передачи электрической энергии: Сб. научн. ст. Вып. 1. / под ред. А.Ф. Дьякова. М.: Издательство МЭИ, 1998. С. 121—160.
9. **Влияние** фотоионизации на распространение катодонаправленных стримеров в воздухе / И.П. Верещагин, А.А. Белогловский, М.А. Колобайцев, Г.З. Мирзабекян // Вестник МЭИ. 2012. № 2. С. 67—72.
10. **Влияние** фотоионизации на ветвление катодонаправленных стримеров в воздухе / И.П. Верещагин, А.А. Белогловский, Д.В. Карасева, А.В. Рушальщикова // Вестник МЭИ. 2012. № 4. С. 16—19.
11. **Badaloni S., Gallimberti I.** Montecarlo simulation of streamer branching // 11th International Conference on Phenomena in Ionized Gases. Prague, 1973.
12. **О моделировании** ветвления стримера / И.П. Верещагин, А.А. Белогловский, А.Г. Михеев, С.В. Белоусов // Известия академии наук. Энергетика. 2002. № 1. С. 112—125.
13. **Babaeva N., Kushner M.** Effect of inhomogeneities on streamer propagation: I. Intersection with isolated bubbles and particles // Plasma sources science and technology. 2009. Vol. 18. 035009.
14. **Papageorgiou L., Georgiou G.E., Metaxas A.C.** Three-dimensional numerical modeling of gas discharges at atmospheric pressure incorporating photoionization phenomena // J. Phys. D: Appl. Phys. 2011. Vol. 44. 045203.
15. **Sinkevich O.A.** Anode streamer branching // High Temperature. 2003. Vol. 41. P. 695—705.
16. **The multiscale** nature of streamers / U. Ebert, C. Montijn, T. Briels et al. // Plasma Sources Sci. Technol. 2006. Vol. 15. S118.
17. **Multiple** scales in streamer discharges, with an emphasis on moving boundary approximations / U. Ebert, F. Brau, G. Derks et al. // Nonlinearity. 2011. Vol. 24. P. C1—C26.
18. **Соколова М.В., Темников А.Г.** Физические предпосылки модели ветвления положительного стримера в воздухе // Вестник МЭИ. 1998. № 4. С. 34—40.
19. **Темников А.Г., Соколова М.В.** Расчёт процесса ветвления положительного стримера в воздухе // Вестник МЭИ. 1998. №5. С. 119—123.

A.A. Beloglovsky

BeloglovskyAA@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

AIR ELECTRIC DISCHARGE INVESTIGATION USING THE THREE-DIMENSIONAL MATHEMATICAL MODEL

SUMMARY

The report is devoted to the theoretical investigations of avalanche and streamer air electric discharges. The author researched them in High Voltage Department of National Research University «MPEI». The three-dimensional mathematical model of these discharges is presented. Obtained results on avalanche-to-streamer transitions, cathode-directed streamers propagation and branching are reviewed here. These investigations role in electro-physics engineering education is marked.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИЗУЧЕНИИ ТЕОРИИ НАДЁЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

АННОТАЦИЯ

Рассматривается применение информационных технологий для создания электронного учебно-методического комплекса по изучению теории надёжности технических устройств на основе специализированного программного пакета. Данный программный пакет представляет собой разрабатываемую в настоящее время систему автоматизированного проектирования (САПР) для расчёта параметров надёжности сложных радиотехнических систем (РТС).

ВВЕДЕНИЕ

По мере усложнения технических устройств вопросы повышения безотказности приобретают всё большее значение, а требования к параметрам надёжности систем жёстко регламентируются различными стандартами. Чтобы создать техническую систему, удовлетворяющую стандартам и требованиям, необходимо учитывать параметры надёжности на этапе проектирования, использовать методы и средства повышения отказоустойчивости системы. Одним из основных понятий теории надёжности является понятие отказа. Отказом называется событие, которое состоит в нарушении работоспособности системы. К отказам относятся недопустимые отклонения параметров системы от расчётных значений, временные нарушения условий нормальной эксплуатации системы, полный выход системы из строя [1, 2].

Решить указанные проблемы невозможно без разработки новых эффективных систем оценки надёжности. Наряду с появлением все более сложных САПР, возникает задача обучения квалифицированных кадров, способных использовать передовые программные продукты. Для эффективной подготовки специалистов целесообразно использование учебно-методических комплексов, разработанных на основе конкретных систем проектирования.

В данной статье описана разрабатываемая САПР для исследования надёжности РТС. Рассматривается электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) по теории надёжности сложных технических систем. Оценивается вероятный эффект для учащихся от применения рассматриваемого комплекса.

1. САПР ДЛЯ РАСЧЁТА ПАРАМЕТРОВ НАДЁЖНОСТИ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

При расчёте показателей надёжности главной целью САПР является получение достоверной информации о показателях надёжности систем.

Чтобы проводить расчёты более эффективно, такой пакет прикладных программ (ППП) должен:

- использовать апробированные на практике методы расчёта надёжности;
- иметь дружественный и интуитивно понятный графический интерфейс;
- располагать базой данных по надёжности известных электронных схем (ЭС) и обеспечивать возможность создания, хранения, копирования новых решений;
- иметь возможность графического представления результатов расчётов и средства для их документирования [1].

Существует множество программных продуктов для расчёта надёжности радиоэлектронных устройств (РЭУ), таких как:

- АСОНИКА («Автоматизированная система обеспечения надёжности и качества аппаратуры») – средство расчёта тепловых, аэродинамических, механических и электрических процессов в проектируемой аппаратуре;
- АРБИТР — программный комплекс автоматизированного расчёта безопасности и технического риска;
- АСРН — автоматизированная система расчёта надёжности и др. [2].

Приведённые выше программные пакеты обладают рядом преимуществ, однако ни один из них не поддерживает возможность расчёта и оптимизации параметров надёжности системы с одновременным использованием электромагнитных моделей топологий, корпусов, различных моделей активных и пассивных устройств, файлов S- и X-параметров, а также возможности использовать измерения, полученные на анализаторах цепей серии PNA-X.

В настоящий момент разрабатывается САПР, которая позволит строить математические модели и рассчитывать показатели надёжности, стойкости, живучести, ожидаемого ущерба, а также решать задачи оптимизации надёжности. В отличие от существующих аналогов, разрабатываемый пакет позволит проводить исследование надёжности в зависимости от целого спектра различных условий работы РЭУ, сделать возможным оценку корреляции параметров надёжности от видов и типов сигналов, от напряжений и токов, протекающих через различные узлы РЭУ, от параметров нагрузок. Использование файлов S- и

X-параметров даст возможность тесной интеграции в современные САПР по проектированию РЭУ. Поддержка подобных форматов позволит работать с передовыми анализаторами цепей и оптимизировать условия работы уже существующих РЭУ без необходимости долгой и дорогостоящей процедуры реинжиниринга.

На момент написания статьи реализована первая версия графического интерфейса САПР, пример окна интерфейса представлен на рис. 1.

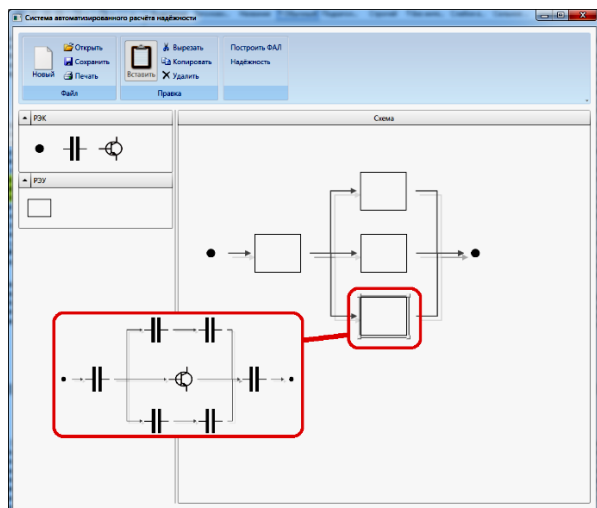


Рис. 1. Графический интерфейс разрабатываемого САПР

Основной частью интерфейса является поле — редактор блок-схем. Редактор позволяет строить блок-схемы устройств с неограниченным количеством элементов и связей. На представленном рисунке показана блок-схема усилительного каскада, состоящая из РЭУ, содержащихся в библиотеке. В свою очередь РЭУ могут представлять собой блок-схему, составленную из радиоэлектронных компонентов (РЭК), также присутствующих в библиотеке. По двойному щелчку указателем мыши на элементе открывается контекстное меню с настройками и параметрами соответствующего компонента или узла.

Подобный графический интерфейс позволяет создавать произвольные блок-схемы устройств из элементов, представленных в библиотеке компонентов и узлов, редактировать входные параметры элементов, создавать новые элементы для библиотеки.

В качестве метода расчёта параметров надёжности РЭУ на текущий момент выбран вероятностный метод, рассчитывающий вероятность отказа или безотказной работы в зависимости от времени, температуры и электрических напряжений РЭУ. Параллельно с разработкой специализированной САПР изучается возможность применения ППП MatLab и графической среды Simulink для решения задач по моделированию надёжности РЭУ, а также для апробации новых методов расчёта надёжности с последующей интеграцией в САПР.

2. ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРИИ НАДЁЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

В условиях сохраняющейся тенденции к сокращению аудиторного времени, применение лишь традиционных методов организации учебного процесса оказывается недостаточным. Электронные учебно-методические комплексы открывают новые возможности для модернизации содержания обучения и методов преподавания.

В работе рассматривается разработанный ЭУМК по изучению теории надёжности технических устройств. Комплекс состоит из следующих разделов: «Введение. Проблема оценки надёжности», «Надёжность элемента. Плотность распределения времени безотказной работы. Среднее время безотказной работы», «Интенсивность отказов. Экспоненциальный закон надёжности», «Определение надёжности системы по надёжностям ее элементов. Надёжность нерезервированной системы», «Надёжность резервированной системы», «Учёт зависимости отказов», «Дополнительные задачи», большинство из которых разбито на теоретическую и практическую части.

Теоретическая часть содержит набор базовых понятий, которые необходимо изучить. В практической части находятся примеры актуальных задач и упражнения.

Раздел «Введение. Проблема оценки надёжности» даёт основные определения теории надёжности технических устройств и рассказывает о типах отказов и о базовых параметрах надёжности.

В разделе «Надёжность элемента. Плотность распределения времени безотказной работы. Среднее время безотказной работы» содержатся базовые формулы надёжности, ненадёжности, показан учёт плотности распределения времени безотказной работы, расчёт среднего времени безотказной работы устройства. В качестве практической части приведен пример расчёта плотности распределения времени безотказной работы на основе экспериментальных данных. Для успешного прохождения раздела необходимо выполнить упражнение по определению среднего времени безотказной работы радиолокационного передатчика на основе реальных экспериментальных данных.

Третий раздел даёт представление об интенсивности отказов и экспоненциальном законе надёжности. В разделе присутствуют примеры по определению интенсивности отказов и среднего времени безотказной работы элемента по закону надёжности элемента и обратно. Упражнения для закрепления результата также сводятся к расчёту функций интенсивности отказов или надёжности элемента.

В четвёртом разделе представлен метод расчёта надёжности РЭУ по оценкам надёжности эле-

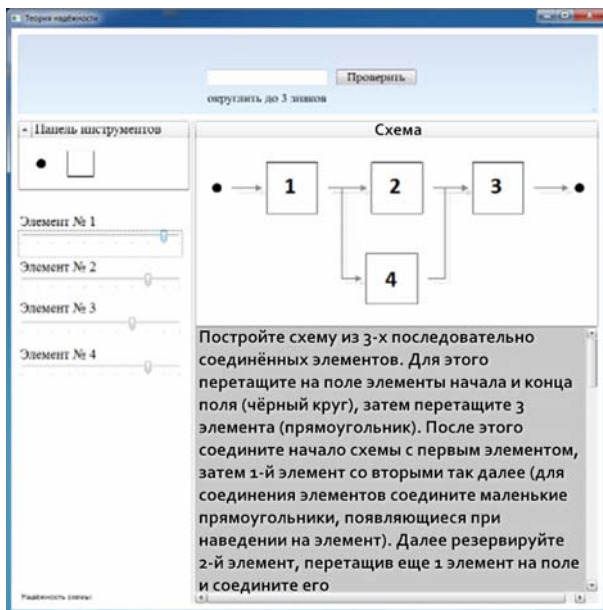


Рис. 2. Вариант упражнения для расчёта надёжности резервированной системы

ментов, входящих в её состав. Подробно рассматривается надёжность нерезервированной системы. Примеры позволят рассчитывать надёжность РЭУ, зная надёжность каждого элемента и их количество, а также определить требования к надёжности элементов, зная допустимую надёжность всей системы. Упражнения в данном разделе требуют определения надёжности элементов системы торможения автомобиля, с учётом общих требований к системе, включая расчёт надёжности электронного блока управления системой.

Раздел о надёжности резервированной системы позволяет изучить способы расчёта надёжности более сложных и приближённых к реальности систем. В примерах необходимо рассчитать надёжность системы с дублирующими элементами и элементами переключения. В качестве упражнения необходимо рассчитать совокупную надёжность систем торможения поездов московского метрополитена.

Последний раздел рассказывает об учёте зависимости между отказами элементов. Приводятся типы отказов, методы борьбы с ними. В примерах рассчитываются вероятности отказов систем, по два примера на каждый тип зависимости отказов. Упражнения требуют рассчитать вероятности отказов упрощённого ядерного реактора, где отказ системы контроля температуры изменит вероятность отказа других систем, а также вероятность отказов околоземного спутника в зависимости от его расположения относительно Солнца и Земли.

Дополнительные упражнения призваны закрепить пройденный материал и могут выступать в качестве проверочной работы по курсу.

Все примеры и упражнения выполнены в качестве проектов для разрабатываемой САПР с

той лишь разницей, что добавлено окно условий задачи и оценки правильности полученного результата. Пример окна программы с упражнением для расчёта надёжности резервированной системы показан на рис. 2 [3—5].

3. ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОГО ЭФФЕКТА ОТ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕДЛАГАЕМОГО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Доминирующим видом деятельности любого современного общества в сфере общественного производства, повышающим его эффективность и наукоёмкость, становится сбор, продуцирование, обработка, хранение, передача и использование информации, осуществляемые на базе современных информационных технологий.

Одним из главных направлений процесса информатизации современного общества становится информатизация образования, обеспечивающая широкое внедрение в практику различных теорий обучения, направленных на повышение интенсивности процесса обучения, совершенствование форм и методов организации учебного процесса, обеспечивающих переход от механического усвоения фактологических знаний к овладению умением самостоятельно приобретать новые знания.

В описываемом ЭУМК используется теория программированного обучения на основе линейного алгоритма Б.Ф. Скиннера совместно с конвенциональными текстами [6]. Данный алгоритм, построенный в рамках концепции бихевиоризма, позволяет ступенчато подавать новую информацию с низким уровнем сложности отдельной ступени (разделы комплекса и задания составлены с учётом доли неверных ответов не выше 5%), индивидуализировать темп обучения при сохранении оптимального подхода к обучению для каждого студента, увеличить эффективность самостоятельного получения информации за счёт закона эффекта (если связь между ситуацией и реакцией сопровождается состоянием удовлетворённости и понимания, то прочность этой связи возрастает [5]).

На рис. 3 представлена структурная схема усвоения знаний в описываемом комплексе.



Рис. 3. Структурная схема усвоения знаний в представленном ЭУМК

Описанный выше подход обучения может показывать более высокую динамику роста уровня знаний по сравнению со стандартными методами. Однако в настоящий момент синергия программированного и конвенционального методов требует серьёзного изучения.

Дополнительным фактором для применения предлагаемого ЭУМК является одновременное обучение как теории надёжности, так и основам работы в специализированной САПР, на основе которой построен описываемый комплекс. В долгосрочной перспективе это позволит готовить специалистов, знакомых с теорией надёжности и умеющих применять расчёты на практике в собственных проектах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе представлено обоснование для использования специализированных ППП по расчёту надёжности РЭУ на этапе проектирования. Показан список основных существующих САПР в данной области. Описаны требования, которым обязан соответствовать любой ППП для расчёта надёжности.

В первом разделе даётся описание функциональных возможностей проектируемого САПР. Рассказывается об используемых методах расчёта надёжности. Представлены основные отличия предлагаемого САПР от существующих. Приведён пример графического интерфейса. Следует отметить, что данный САПР прежде всего предназначен для инженеров-проектировщиков, работающих в радиоэлектронной промышленности, для проведения научных исследований и организации учебного процесса. На основе описанного в первом разделе САПР создан ЭУМК по изучению теории надёжности технических устройств. Во втором разделе подробно описан каждый из разделов комплекса. Приведён пример реализации учебной задачи для её решения в САПР. Важным свойством системы яв-

ляется её универсальность и возможность формирования учебных упражнений с учётом специфики обучающихся (для инженеров-радиоэлектронщиков — примеры, связанные с надёжностью РЭУ, для инженеров машиностроения примеры могут быть связаны с различными машинами и движущимися системами и т.п.).

Методика, использованная для создания обучающего комплекса, сочетает в себе линейный алгоритм программированного обучения и конвенциональные учебные тексты для повышения эффективности обучения.

В дальнейшем планируется усовершенствование САПР и оптимизация алгоритмов её работы, доработка библиотек РЭК и РЭУ и расширение возможностей САПР по использованию S- и X-параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Стюхин В.В., Кочегаров И.И., Трусов В.А.** САПР в расчёте и оценке показателей надёжности радиотехнических систем // *НиКа*. 2013. № 2. С. 287—289.
2. **Шалумов А.С., Урюпин И.С., Тихомиров М.В., Першин Е.О.** Разработка алгоритма расчёта надёжности несущих конструкций изделий радиоэлектронной аппаратуры при механических воздействиях // *Динамика сложных систем*. 2012. Т. 6. № 3. С. 100—105.
3. **Вентцель Е.С.** Исследование операций: задачи, принципы, методология. — 2-е изд. М: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1988. 208 с.
4. **Вентцель Е.С., Овчаров Л.А.** Теория случайных процессов и её инженерные приложения: учебное пособие. — 5-е изд., стер. М.: КНОРУС, 2014. 448 с.
5. **Ижуткин В.С.** Об использовании информационных технологий при изучении биматричных игр // *Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования — ИН-ФОРИНО—2014»* (Москва, 15—16 апреля 2014 г.). М.: Издательство МЭИ, 2014. С. 69—72.
6. **Беспалько В. П.** Программированное обучение. Дидактические основы. М.: Высшая школа, 1970. 300 с.

A.A. Blinnikov, I.E. Sanaev, A.A. Shchurov, V.S. Izhutkin

Andrey@Alexeyevich.ru; SanaevIv@yandex.ru; AnShchurov@gmail.com; IzhutkinVS@mpei.ru
National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow
JSC «All-Russian Research Institute of Radio Engineering», Moscow

APPLICATION OF INFORMATION TECHNOLOGY IN THE STUDY OF THE RELIABILITY THEORY OF TECHNICAL DEVICES

SUMMARY

The article discusses the use of information technology to create electronic educational complex for the study of the reliability theory of technical devices based on a specialized software package. This software package is a currently being developed CAD system for calculating the parameters of reliability of complex radio systems.

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В ЗАДАЧАХ ПОИСКА НЕДОПУСТИМЫХ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён рассмотрению особенностей применения автоматизированных информационно-измерительных систем в задачах поиска недопустимых потерь энергии и технической диагностики измерительных каналов. Анализируются различные алгоритмы задач с точки зрения их трудоёмкости и времени нахождения персонала в опасных зонах. Приводятся примеры решения задач с помощью комплекса технических средств «Энергия» на Челябинской ТЭЦ-2

ВВЕДЕНИЕ

На большинстве энергоёмких предприятий России и ближнего зарубежья эксплуатируются коммуникационные и измерительные каналы, имеющие большой срок службы, что приводит к необходимости частой проверки надёжности их работы. Кроме того, имеют место случаи несанкционированного подключения к источникам тепловой и электрической энергии. Приведённые факты свидетельствуют об актуальности задач поиска недопустимых потерь энергии и технической диагностики измерительных каналов.

Традиционно процессы поиска недопустимых потерь энергии и технической диагностики измерительных каналов выполняются по утверждённому графику и связаны с длительным пребыванием персонала в зонах возможного поражения от действия электроэнергии или энергоносителей. Поэтому для обеспечения безопасной работы целесообразно минимизировать время нахождения персонала в опасных зонах.

Эффективным средством для решения данного вопроса является применение автоматизированных информационно-измерительных систем (АИИС).

Широкое распространение на предприятиях промышленности получил комплекс технических средств (КТС) «Энергия», предназначенный для построения (АИИС) коммерческого и технического учёта всех видов энергоносителей — электрической и тепловой энергии, природного и технических газов, пара, горячей и холодной воды. На сайте разработчика и изготовителя КТС «Энергия» научно-технического предприятия «Энергоконтроль» (www.energocontrol.ru) приведено более 1000 таких предприятий.

Внедрение АИИС всех видов энергоносителей позволяет предприятию:

- контролировать соответствие фактического и допустимого небалансов электропотребления по подстанциям и предприятию в целом;

- выявлять источники ненормативных потерь электроэнергии внутри структурных подразделений и при передаче электроэнергии;

- проводить контроль над соблюдением удельных норм энергопотребления при производстве продукции, учитывая объём выпуска и качества;

- проводить анализ по выявлению случаев неэффективного использования энергоресурсов и причин их возникновения.

В докладе анализируются различные алгоритмы задач поиска недопустимых потерь энергии и технической диагностики измерительных каналов с точки зрения их трудоёмкости и времени нахождения персонала в опасных зонах в результате применения АИИС. Приводятся примеры решения задач с помощью КТС «Энергия».

1. ПОИСК НЕДОПУСТИМЫХ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ АИИС

Учёт выработки и потребления энергии в режиме реального времени позволяет локализовать участки, имеющие недопустимые потери энергии и тем самым уменьшить время и трудоёмкость процесса поиска. Используя программное обеспечение АИИС, можно создать необходимые группы каналов учёта энергии, определяющие балансы энергетических контуров и периодически анализировать их значения. При выходе значения небаланса за допустимые пределы можно сделать вывод о возможной утечке энергии в данном контуре и выполнить мероприятия по поиску причины небаланса.

В статье [1] описан опыт поиска недопустимых потерь энергии с помощью КТС «Энергия» по коммерческому учёту энергоносителей на Челябинской ТЭЦ-2. В результате анализа потоков коммерческих энергоносителей созданы группы каналов учёта газа, пара и горячей воды, определяющие балансы этих энергетических контуров. На Челябинской ТЭЦ-2 был создан участок инженеров АСУ, выполняющих круглосуточное дежурство, в обязанности которых входил периодический контроль показателей небаланса энергетических контуров. При выходе значения неба-

ланса за допустимые пределы программное обеспечение КТС «Энергия» формировало соответствующий сигнал дежурному инженеру АСУ. При получении такого сигнала дежурный инженер АСУ приступал к анализу временных показаний измерительных каналов, входящих в критический балансировый контур. В результате такого анализа, как правило, находился минимальный участок с недопустимыми потерями энергии. На следующем этапе дежурный инженер АСУ следовал на критический участок, выявлял причину небаланса и приступал к её устранению. В случае возникновения проблем по устранению причины дежурный инженер АСУ обращался к специалисту ремонтного подразделения, который оказывал помощь по устранению причины небаланса. Опыт внедрения автоматизированных систем информационной поддержки оперативного и ремонтного персонала с помощью АИИС на Челябинской ТЭЦ-2 отражён в статьях [2, 3].

Методика поиска недопустимых потерь энергии [1] позволяет локализовать область поиска потерь энергии. Однако при этом предъявляются повышенные требования к уровню квалификации персонала, так как, с одной стороны, он должен знать особенности технологического процесса, с другой стороны, должен быть квалифицированным пользователем КТС «Энергия».

Очевидно, что такой поиск недопустимых потерь требует предварительного разбиения на группы, которое может быть выполнено специалистом, хорошо знающим технологический процесс. Кроме того, значения небаланса рассчитываются для всех существующих групп ещё до начала анализа полученных данных, т.е. результаты измерений используются многократно. Хотя значения небаланса отдельного канала рассчитываются только для групп с недопустимым небалансом, однако для таких групп приходится рассчитывать небалансы всех входящих в него каналов. Количество групп сопоставимо с количеством каналов. Если групп с недопустимым небалансом несколько, алгоритм необходимо будет повторить несколько раз, при этом часто повторяя уже проделанные вычисления.

Ещё одним недостатком данного метода является сложность расчёта коэффициента допустимых потерь для группы. Он очевидно больше коэффициента допустимых потерь для отдельного канала и зависит, например, при передаче электроэнергии от количества трансформаторов на всём пути передачи энергии. Необходимо для каждого трансформатора вводить фиктивного потребителя энергии, что может быть сделано только опытным специалистом.

На кафедре «Прикладная математика» Южно-Уральского государственного университета в рамках дипломного проектирования под руково-

дством автора создан алгоритм и программа, в которой отсутствуют перечисленные недостатки.

При выборе алгоритма задача поиска недопустимых потерь энергии сводилась к нескольким разработанным задачам. Во-первых, данная задача переформулирована в терминах обобщённых сетей с выигрышами и проигрышами. Во-вторых, задача переформулирована таким образом, чтобы её можно было решить с помощью методов поиска кратчайшего пути. При этом вводилось отношение строгого порядка в связанном графе без контуров, все вершины которого разбивались на слои. Такое разбиение необходимо при графическом представлении системы каналов на экране, оно облегчает пользователю ориентирование в схеме. Подробнее см. [4, с. 40—46].

В результате исследования разработана математическая модель коммуникационной сети электроэнергетики или энергоносителей, учитывающая взаимосвязь между входными и выходными потоками энергии.

На основе модели и обзора существующих методов разработан эффективный алгоритм поиска недопустимых потерь энергии, программная реализация которого позволила сократить время и трудоёмкость работ в зоне возможного поражения электрическим током или действием энергоносителей, а также эффективно планировать мероприятия по дальнейшему устранению неисправностей.

Программа внедрена на Челябинском трубопрокатном заводе и на Челябинской ТЭЦ-2.

2. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ С ПОМОЩЬЮ АИИС

Внедрение автоматизированных средств учёта энергии позволяет выявлять отдельные случаи неверной работы измерительных каналов по анализу их показаний с монитора дисплея, например «самоход» счётчика при неработающем оборудовании или отсутствие показаний счётчика при работающем оборудовании.

Выходные документы КТС «Энергия» позволяют выявлять каналы, от которых прекратили поступать импульсы. Таким образом выявляются разрывы цепи и неработающие счётчики. На основе наблюдения получасовых посылок в течение недели можно анализировать историю работы отказавшего устройства сбора данных (УСД).

Определённую трудность представляет задача выявления измерительного канала, имеющего недопустимую систематическую погрешность электросчётчика или УФИ. Традиционно такие измерительные каналы выявляются в результате периодического контроля всех электросчётчиков и УФИ с использованием образцовых приборов в два этапа. Сначала проверяется соответствие зна-

чений показаний счётчиков системным значениям показаний счётчиков в КТС «Энергия» (выявление погрешностей УФИ). Затем анализируются выходные документы по учёту получасовых мощностей каждого измерительного канала, т.е. проверяется каждый счётчик, входящий в балансовый контур.

При большом числе каналов в балансовом контуре процедура выявления недостоверного канала достаточно трудоёмка и отнимает много времени. Для снижения трудоёмкости и сокращения времени работы по проверке измерительных каналов сотрудниками Челябинской ТЭЦ-2, разработана методика технической диагностики измерительных каналов [5].

Используя программное обеспечение КТС «Энергия» с помощью аппарата формирования групп на основе анализа схемы потоков электроэнергии на Челябинской ТЭЦ-2, были определены балансовые группы.

Для балансовых контуров, небалансы которых выходят за допустимые пределы, анализируются графики средних суточных мощностей каналов и графики средних тридцатиминутных мощностей каналов при минимальном и максимальном значениях небаланса. Названные графики рассматриваются в порядке убывания номеров суток, так как, с одной стороны, систематическая погрешность измерительного канала оказывает постепенное монотонно возрастающее влияние на значение небаланса, с другой стороны, могут быть различные переключения в электрической схеме или отключения измерительных каналов, связанные с технологическим процессом. Учёт указанных факторов при анализе графиков позволяет эффективно устранять каналы, оказывающие слабое влияние на увеличение небаланса.

Использование методики технической диагностики и возможностей КТС «Энергия» позволяет решить задачу поиска недостоверных измерительных каналов, не находясь в зоне возможного поражения электрическим током. Однако при этом предъявляются повышенные требования к уровню квалификации персонала, так как, с одной стороны, он должен знать особенности технологического процесса, с другой стороны, должен быть квалифицированным пользователем КТС «Энергия». Кроме того, процесс выявления недостоверных измерительных каналов отнимает достаточно много времени.

На кафедре «Прикладная математика» Южно-Уральского государственного университета в рамках дипломного проектирования под руководством автора создан алгоритм и программа, в которой отсутствуют перечисленные недостатки.

Поиск недостоверных измерительных каналов проводится методом поиска «в ширину». Программное обеспечение позволяет вводить и корректировать исходные данные, хранящиеся в базе

данных, просматривать результаты работы в интерактивном режиме, а также проводить вывод печатных документов.

Разработка математической модели связана с методом поиска вершин «в глубину». Совокупность источников, потребителей и промежуточных устройств представляет собой (K, L) — плюсник с потоком.

Для упрощения решения задачи сделаны предположения. Во-первых, потери электроэнергии происходят только в промежуточных узлах цепи. Во-вторых, максимальное допустимое значение небаланса составляет 5 % величины входного потока электрической энергии.

Подробнее о математической модели, теоретических и практических особенностях алгоритма см. [6, с. 40—44].

В результате исследования разработана математическая модель сети измерительных каналов, учитывающая взаимосвязь между входными и выходными потоками энергии.

На основе модели и обзора существующих методов разработан эффективный алгоритм поиска недостоверных измерительных каналов, программная реализация которого позволила сократить время и трудоёмкость работ в зоне возможного поражения электрическим током или действием энергоносителей, а также эффективно планировать мероприятия по дальнейшему устранению неисправностей.

3. ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ АИИС ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПОИСКА НЕДОПУСТИМЫХ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

Методики, реализующие поиск недопустимых потерь энергии и технической диагностики измерительных каналов с помощью КТС «Энергия» внедрены на Челябинской ТЭЦ-2.

Программные продукты, реализующие поиск недопустимых потерь энергии и технической диагностики измерительных каналов с помощью АИИС внедрены на Челябинском трубопрокатном заводе и на Челябинской ТЭЦ-2.

Вопросы поиска недопустимых потерь энергии и технической диагностики измерительных каналов с помощью АИИС включены в требования и в информационно-методическое обеспечение для информационной подготовки кадров по профилю «Энергетика» [7, 8]. Материал статьи нашёл свое отражение в учебном пособии [9] и монографиях [10,11].

Модели, методы и средства информационной поддержки принятия решений, включающие вопросы поиска недопустимых потерь энергии и технической диагностики измерительных каналов с помощью АИИС, рассмотрены на конференции «Инфорино—2014» [12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Решение инженерных задач поиска недопустимых потерь энергии и технической диагностики измерительных каналов на современном этапе немислимо без применения АИИС.

Использование методик поиска недопустимых потерь энергии и технической диагностики измерительных каналов с помощью КТС «Энергия» позволяет решать эти задачи, не находясь в опасных зонах. Однако при этом предъявляются повышенные требования к уровню квалификации персонала, так как, с одной стороны, он должен знать особенности технологического процесса, с другой стороны, должен быть квалифицированным пользователем КТС «Энергия». Кроме того, процесс решения этих задач отнимает достаточно много времени.

На кафедре «Прикладная математика» Южно-Уральского государственного университета в рамках дипломного проектирования под руководством автора созданы алгоритмы и программы, в которых отсутствуют перечисленные недостатки.

Инженерные задачи поиска недопустимых потерь энергии и технической диагностики измерительных каналов с помощью АИИС нашли своё развитие в информационной подготовке кадров по профилю «Энергетика».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Богатенков С.А.** Повышение эффективности мероприятий по энергосбережению с помощью автоматизированных средств учёта энергии // Промышленная энергетика. 1997. № 12. С. 2—5.
2. **Опыт внедрения и перспективы развития автоматизированной системы информационной поддержки оперативного персонала на Челябинской ТЭЦ-2 / В.В. Петров, С.А. Богатенков, Э.С. Варыпаев, Ю.Б. Райский // Промышленная энергетика. 1997. № 8. С. 35—37.**
3. **Богатенков С.А., Крестинин Е.Н.** Опыт внедрения и перспективы развития автоматизированной системы информационной поддержки ремонтного персонала на Челябинской ТЭЦ-2 // Промышленная энергетика. 1997. № 11. С. 1—16.
4. **Богатенков С.А., Трубина Е.Н., Богатенков Д.С.** Автоматизация поиска недопустимых потерь энергии с помощью автоматизированных средств учёта энергии // Электробезопасность. 1998. № 3—4. С. 39—46.
5. **Богатенков С.А., Тарасов И.М.** Методика технической диагностики измерительных каналов комплекса технических средств «Энергия» // Электробезопасность. 1996. № 2. С. 19—22.
6. **Богатенков С.А., Борткевич Е.С.** Автоматизация технической диагностики измерительных каналов с помощью автоматизированных средств учёта энергии // Электробезопасность. 1999. № 1. С. 39—44.
7. **Богатенков С.А.** Требования к информационной подготовке кадров в условиях применения информационно-измерительных систем // Концепт. 2014. № 1. С. 16—20.
8. **Богатенков С.А.** Формирование компетентности педагогических кадров для работы с комплексом технических средств «Энергия» в аспекте безопасности // Мир науки, культуры и образования. 2014. № 6. С. 29—35
9. **Богатенков С.А.** Система формирования информационной и коммуникационной компетентности: учеб. пособие. Челябинск: Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та, 2014. 297 с.
10. **Богатенков С.А.** Управление качеством информационной подготовки кадров по критерию безопасности: моногр. Челябинск: Челяб. фил. ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия», 2015. 185 с.
11. **Богатенков С.А.** Проектирование безопасной информационной подготовки: моногр. Челябинск: Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та, 2013. 276 с.
12. **Богатенков С.А.** Модели, методы и средства информационной поддержки принятия решений в системе информационной подготовки кадров // Информатизация инженерного образования: материалы Междунар. науч.-метод. конф., Москва, 15—16 апреля, 2014 г. Национ. исслед. ун-т «МЭИ».

S.A. Bogatenkov

ser-bogatenkov@yandex.ru

National Research University «South Ural State University», Chelyabinsk

APPLICATION OF AUTOMATED INFORMATION-MEASURING SYSTEMS IN SEARCH PROBLEMS ALLOWABLE LOSSES ENERGY AND TECHNICAL DIAGNOSTICS MEASURING CHANNELS

SUMMARY

The report is devoted to the peculiarities of application of the automated information-measuring systems in search problems unacceptable energy losses and technical diagnostics measuring channels. The various algorithms problems in terms of their complexity and the time spent by the staff in hazardous areas. Examples of solving problems with the help of the technical means "Energy" in the Chelyabinsk thermal power plant № 2.

РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ МЕТОДОМ КОНТРОЛЬНОГО ОБЪЁМА

АННОТАЦИЯ

Излагается способ формирования навыков составления программного продукта на основе освоения метода контрольного объёма в курсе «Численные методы математической физики». Теоретико-конструктивный подход позволяет студентам разобраться в сути и особенностях вычислительного метода, широко применяемого в настоящее время для решения задач теплообмена и динамики жидкостей.

ВВЕДЕНИЕ

Метод контрольного объёма (МКО) — один из широко используемых методов решения самых различных задач теплообмена и динамики жидкостей (см., например, [1]). Он используется для расчёта течений в программных пакетах Star CD, ANSYS CFX и др. Описание метода контрольного объёма можно найти в [2—4], где излагается его основная идея, даны различные рекомендации для составления и отладки программы расчёта.

Корректное применение МКО для проведения расчётов невозможно без понимания студентами сути метода, а также его достоинств и недостатков. Основы МКО в курсе «Численные методы математической физики» можно изучить на примере решения модельной задачи для нестационарного двумерного уравнения теплопроводности.

1. ТЕХНИКА ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ МЕТОДУ КОНТРОЛЬНОГО ОБЪЁМА

На лекциях студентам излагается теоретический материал по основам МКО. Содержание лабораторной работы преподаватель рассматривает на семинарских занятиях, обращая внимание на наиболее громоздкие и трудно программируемые места в алгоритме метода.

В процессе выполнения лабораторной работы студенты должны составить и отладить программу в соответствии со своим вариантом задачи, провести методические расчёты с целью подбора параметров задачи, получить численное решение, оценить его точность.

После анализа полученных результатов расчёта студенты должны защитить лабораторную работу, т.е. ответить на вопросы по теории метода, а также на вопросы по тексту отдельных фрагментов и программы в целом.

2. ОПИСАНИЕ МЕТОДА

Применение МКО рассматривается на примере решения нестационарной двумерной задачи тепло-

проводности. Требуется найти решение $u(x, y, t)$ уравнения

$$c\rho \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda \frac{\partial u}{\partial y} \right) + f(u, x, y, t) \quad (1)$$

в ограниченной области $D = \{0 \leq x \leq l_x, 0 \leq y \leq l_y, 0 \leq t \leq t_*\}$, удовлетворяющее начальному условию

$$u(x, y, 0) = \varphi(x, y) \quad (2)$$

и граничным условиям

$$\begin{aligned} u(0, y, t) &= \mu_0(y, t), \quad u(l_x, y, t) = \mu_1(y, t); \\ u(x, 0, t) &= \nu_0(x, t), \quad u(x, l_y, t) = \nu_1(x, t). \end{aligned} \quad (3)$$

В (1)—(3) x, y — декартовы координаты; t — время; l_x, l_y, t_* — константы; c — удельная теплоёмкость; ρ — плотность; λ — коэффициент теплопроводности; $u(x, y, t)$ — температура среды; $f(u, x, y, t)$ — мощность внутренних источников тепла; $\varphi(x, y)$, $\mu_0(y, t)$, $\mu_1(y, t)$, $\nu_0(x, t)$, $\nu_1(x, t)$ — заданные функции.

Сначала рассматривается одномерная задача. Потом проводится обобщение на двумерный случай.

Методом контрольного объёма требуется найти решение уравнения теплопроводности

$$c\rho \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial u}{\partial x} \right) + f(u, x, t) \quad (4)$$

в области $D = \{0 \leq x \leq l_x, 0 \leq t \leq t_*\}$, удовлетворяющее начальному условию

$$u(x, 0) = \varphi(x) \quad (5)$$

и граничным условиям

$$u(0, t) = \mu_0(t), \quad u(l_x, t) = \mu_1(t). \quad (6)$$

В (4)—(6) обозначения аналогичны обозначениям в (1)—(3).

Численный метод. Сетка. Разобьём отрезок $[0, l_x]$ на m контрольных объёмов (КО) (рис. 1, а). Множество точек сетки

$$\omega_w = \{xw_i, i = 1, \dots, m+1\} =$$

$$= \{xw_1 = 0 < xw_2 < \dots < xw_m < xw_{m+1} = l_x\} \quad (7)$$

задают границы КО; индекс левой границы КО определяет его номер: 1-й, 2-й, ..., m -й контроль-

ные объёмы; $hx_i = xw_{i+1} - xw_i$, $i=1, \dots, m$ — i -й шаг сетки ω_w или ширина i -го КО. Точки области D , в которых будем искать решение задачи, назовем *расчётными*. В качестве *внутренних* расчётных точек выберем *центры* КО: $x_i = (xw_i + xw_{i+1})/2$, $i=1, \dots, m$; добавим к этим точкам две *граничные* точки $x_0 = 0$ и $x_{m+1} = l_x$ и назовём сеткой ω объединённое множество внутренних и граничных расчётных точек — $\omega = \{x_i, i=0, 1, \dots, m+1\}$ (рис. 1, б).

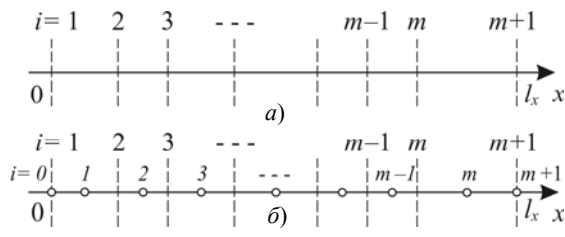


Рис. 1

Рассмотрим фрагмент расчётной сетки ω , показанной на рис. 2, а. Буквами W , P и E обозначены точки сетки: P — рассматриваемая точка (Point), а W и E — соответственно «западная» (West) и «восточная» (East) соседние точки [2—4]. В скобках указаны индексы расчётных точек — $(i-1)$, i и $(i+1)$ соответственно. Штриховыми линиями показаны грани (7) контрольных объёмов. Для обозначения граней КО, содержащего точку P , используются буквы w и e . Расстояние между точками W и P обозначим как $(\delta x)_w$, а между точками P и E — как $(\delta x)_e$. Ширину контрольного объёма обозначим через Δx .

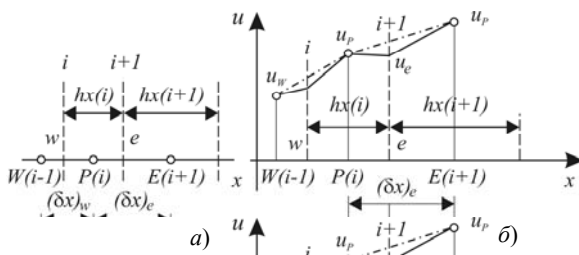


Рис. 2

Дискретный аналог уравнения (4). Запишем уравнение (4) в виде

$$cr \frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{\partial J}{\partial x} + f, \quad (8)$$

где $J = -\lambda \frac{\partial u}{\partial x}$ — плотность теплового потока.

Проинтегрируем (8) по КО, содержащему точку $P(i)$, т.е. от w до e :

$$\int_w^e cr \frac{\partial u}{\partial t} dx = -\int_w^e \frac{\partial J}{\partial x} dx + \int_w^e f dx.$$

В результате получим

$$a_P^0 (u_P - u_P^0) = J_w - J_e + \int_w^e f dx, \quad (9)$$

где u_P^0 — известное значение температуры u в точке P в момент времени t ; u_P — соответствует неизвестной температуре в точке P в момент времени $t + \Delta t$, $a_P^0 = (cr)_P \Delta x / \Delta t$. При интегрировании температуру внутри КО считаем постоянной и равной температуре u_P . В правой части уравнения (9) первые два члена соответствуют плотностям входящего и выходящего потоков тепла, интеграл обозначает суммарную мощность генерации тепла в контрольном объёме.

Для представления J_w и J_e через температуры в расчётных точках используем кусочно-линейный профиль, показанный штрихпунктирной линией на рис. 2, б. В результате получим

$$J_w = \frac{\lambda_w}{(\delta x)_w} (u_W - u_P), \quad (10)$$

$$J_e = \frac{\lambda_e}{(\delta x)_e} (u_P - u_E).$$

Для расчёта интеграла от источникового члена обозначим *среднюю* мощность генерации тепла в контрольном объёме через \bar{f} . Линеаризуем \bar{f} по температуре: $\bar{f} = f_C + f_P u_P$. Тогда

$$\int_w^e f dx = \bar{f} \Delta x = (f_C + f_P u_P) \Delta x. \quad (11)$$

Если \bar{f} не зависит от температуры, то полагаем $f_P = 0$, $\bar{f} = f_C$.

Подставив (10) и (11) в выражение (9), получим дискретный аналог уравнения (8) в виде

$$a_P u_P = a_W u_W + a_E u_E + b, \quad (12)$$

$$\text{где } a_W = \frac{\lambda_w}{(\delta x)_w}, \quad a_E = \frac{\lambda_e}{(\delta x)_e}, \quad a_P^0 = \frac{(cr)_P \Delta x}{\Delta t},$$

$$a_P = a_W + a_E + a_P^0 - f_P \Delta x, \quad b = f_C \Delta x + a_P^0 u_P^0.$$

При аппроксимации плотности теплового потока по формулам (10) используются значения коэффициента теплопроводности λ на гранях КО. В задаче же все необходимые величины задаются в расчётных точках — центрах КО. Если теплопроводность задана только в расчётной точке, то разумно предположить, что её значение остаётся постоянным по всему КО, окружающему эту точку. Другими словами, каждый КО заполнен материалом с постоянной теплопроводностью (соответствующей её значению в расчётной точке).

Если зависимость температуры от x аппроксимировать кусочно-линейным профилем, показанным на рис. 2, \bar{b} сплошной линией, то плотность теплового потока на грани e может быть определена как

$$J_e = \frac{\lambda_P}{(\delta x)_{e-}} (u_P - u_e) = \frac{\lambda_E}{(\delta x)_{e+}} (u_e - u_E). \quad (13)$$

Исключив u_e из выражения (13), получим

$$J_e = \left[\frac{(\delta x)_{e-}}{\lambda_P} + \frac{(\delta x)_{e+}}{\lambda_E} \right]^{-1} (u_P - u_E). \quad (14)$$

Сравнивая вторую формулу в (10) с (14), можем записать выражение для коэффициента a_E :

$$a_E = \frac{\lambda_e}{(\delta x)_e} = \frac{\lambda_P \lambda_P}{\lambda_E (\delta x)_{e-} + \lambda_P (\delta x)_{e+}}. \quad (15)$$

Аналогично записывается формула для коэффициента a_W :

$$a_W = \frac{\lambda_w}{(\delta x)_w} = \frac{\lambda_P \lambda_W}{\lambda_P (\delta x)_{w-} + \lambda_W (\delta x)_{w+}}. \quad (16)$$

Формула (16) используется для вычисления a_W , когда индекс i точки P принимает значения от 2 до m , а формула (15) — для $i=1, \dots, m-1$. При $i=1$ левая грань первого КО совпадает с точкой $W(0)$, поэтому здесь $(\delta x)_{w-} = 0$, на правой границе области при $i=m$ правая грань m -го КО совпадает с точкой $E(m+1)$, т.е. здесь $(\delta x)_{e+} = 0$. С учётом сказанного коэффициенты a_W и a_E на левой и правой границах области представляются выражениями

$$a_W = \frac{\lambda_P}{(\delta x)_{w+}}, \quad a_E = \frac{\lambda_P}{(\delta x)_{e-}}.$$

Записывая уравнение (12) для каждой внутренней точки, для нахождения неизвестных значений $u_i, i=1, \dots, m$ получаем систему линейных алгебраических уравнений с трёхдиагональной матрицей, которая решается методом прогонки [2, 4].

Описанный алгоритм обобщается для решения задачи (1)–(3). Уравнение (1) представляется в виде

$$c_P \frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{\partial J_x}{\partial x} - \frac{\partial J_y}{\partial y} + f, \quad (17)$$

где J_x и J_y — плотности теплового потока в направлении осей x и y соответственно. Расчётная область D разбивается на КО (рис. 3). Центр КО является расчётной точкой. V_{ij} — типичный контрольный объём.

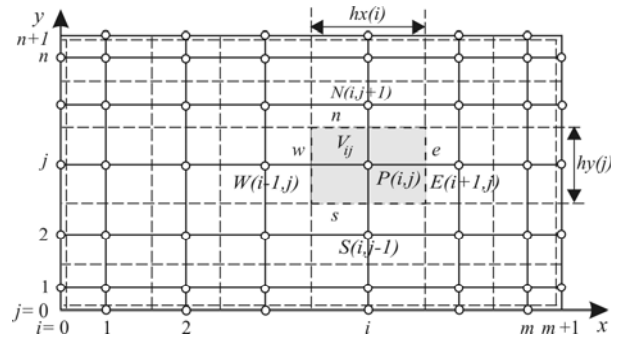


Рис. 3

Здесь соседние с точкой P расчётные точки вдоль оси y обозначены буквами S и N : «южная» (*South*) и «северная» (*North*) точки. В скобках указаны индексы расчётных точек. Штриховыми линиями показаны грани КО. Для обозначения грани КО, содержащего точку P , используются буквы w, e, s и n . Проинтегрировав уравнение (17) по КО, получим [см. формулы (9)–(11)]

$$\begin{aligned} (c_P)_P \frac{\Delta V}{\Delta t} (u_P - u_P^0) &= \\ &= J_w A_w - J_e A_e + J_s A_s - J_n A_n + \bar{f} \Delta V. \end{aligned} \quad (18)$$

Здесь J — плотность теплового потока через грань КО, на которую указывает нижний индекс; A — размер соответствующей грани, например $A_e = hy(j)$, $\Delta V = hx(i)hy(j)$ — объём КО.

Потоки тепла через грани КО e и w могут быть рассчитаны следующим образом:

$$J_e A_e = D_e \cdot (u_P - u_E), \quad J_w A_w = D_w \cdot (u_W - u_P), \quad (19)$$

где D_e — проводимость между точками P и E . Проводимость D_e можно рассчитать по формуле (см. (14) и (15))

$$D_e = A_e \left(\frac{2\lambda_E \lambda_P}{\lambda_E hx(i) + \lambda_P hx(i+1)} \right). \quad (20)$$

Формулы, аналогичные (19) и (20), используются и для вычисления соответствующих величин на других гранях. Подставляя выражения для J и \bar{f} в (18), получаем дискретный аналог уравнения (17):

$$a_P u_P = a_E u_E + a_W u_W + a_N u_N + a_S u_S + b, \quad (21)$$

где $a_P = a_E + a_W + a_N + a_S + a_P^0 - s_P \Delta V$,

$$a_E = D_e, \quad a_W = D_w, \quad a_N = D_n, \quad a_S = D_s,$$

$$b = s_C \Delta V + a_P^0 u_P^0, \quad a_P^0 = ((c_P)_P \Delta V) / \Delta t.$$

Для каждого КО, содержащего внутреннюю расчётную точку, записывается дискретный аналог вида (21). В результате получается замкнутая система линейных алгебраических уравнений,

которая решается с помощью *метода переменных направлений* [4].

Организуется следующий итерационный процесс. Если в дискретном аналоге нестационарного двумерного уравнения теплопроводности (21) в направлении оси y предположить известными u_N и u_S (из предыдущей итерации), то в нём останутся только три неизвестные: u_P , u_E и u_W . Построив такие уравнения с тремя неизвестными вдоль линии, параллельной оси x , получим

$$a_{P(i,j)}u_{P(i,j)} = a_{E(i+1,j)}u_{E(i+1,j)} + a_{W(i-1,j)}u_{W(i-1,j)} + b_{(i,j)}^*$$

где $b_{(i,j)}^* = a_{N(i,j+1)}u_{N(i,j+1)}^* + a_{S(i,j-1)}u_{S(i,j-1)}^* + b_{(i,j)}$, $i = 1, \dots, m$, а u^* обозначает значение u в соответствующей точке на предыдущей итерации. Полученная система линейных алгебраических уравнений с трёхдиагональной матрицей, как и в одномерном случае, решается методом прогонки.

Метод переменных направлений состоит в том, что сначала прогонка применяется для всех линий, параллельных оси x , а затем повторяется для всех линий, параллельных оси y (см. рис. 3). Рассчитанные новые значения u вдоль линии используются в качестве значений u^* при решении уравнений для соседней линии.

3. ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

В качестве примера рассмотрим случай, когда $l_x = l_y = 1$, $t_* = 3$, $\rho = 1$, $\lambda = 1$,

$$\begin{aligned} \varphi(x, y) &= (x + y)^2, & \mu_0(y, t) &= (y + t)^2, \\ \mu_1(y, t) &= (1 + y + t)^2, & \nu_0(x, t) &= (x + t)^2, \\ \nu_1(y, t) &= (x + 1 + t)^2, & f(x, y, t) &= 2(x + y + t - 2). \end{aligned}$$

Непосредственной подстановкой можно убедиться в том, что решением задачи (1)–(3) является функция $u(x, y, t) = (x + y + t)^2$.

В табл. 1 приведены результаты сравнения численного и аналитического решений в сечении $y = 0,55$ при $t = 3$. Данные табл. 1 и аналогичные

сравнения по другим сечениям и в другие моменты демонстрируют удовлетворительное совпадение численного и точного решений.

Таблица 1

Значение x	Численное решение	Аналитическое решение $u(x, y, t)$
0,00	12,6025	12,6025
0,05	12,9600	12,9600
0,15	13,6900	13,6900
0,25	14,4400	14,4400
0,35	15,2100	15,2100
0,45	16,0000	16,0000
0,55	16,8100	16,8100
0,65	17,6400	17,6400
0,75	18,4900	18,4900
0,85	19,3600	19,3600
0,95	20,2500	20,2500
1,00	20,7025	20,7025

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании опыта преподавания МКО описанным образом, мы делаем заключение о несомненной пользе применяемого нами подхода к изучению численных методов.

В процессе такого обучения студент вырабатывает навыки составления программного продукта. Это подготавливает студента к осознанному и грамотному использованию инженерных вычислительных пакетов при решении реальных практических задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Веденеева Е.А.** Применение метода контрольного объёма к решению задач динамики вязких теплопроводных жидкостей. М.: Изд-во МГУ, 2009. 87 с.
2. **Патанкар С.** Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. М.: Энергоатомиздат, 1984. 152 с.
3. **Ferziger J.H., Peric M.** Computational methods for fluid dynamics. 3-rd, rev. ed. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2002. 423 P.
4. **Патанкар С.В.** Численные решение задач теплопроводности и конвективного теплообмена при течении в каналах. М.: Изд-во МЭИ, 2003. 312 с.

V.G. Bogomolov, A.A. Fedotov

bogomovg@yandex.ru, le-tail@list.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow

SOLUTION OF THE HEAT EQUATION USING METHOD OF CONTROL VOLUME

SUMMARY

We present a method for forming the skills of drawing up the software on the basis of the development of finite volume method in the academic discipline "Numerical methods of mathematical physics." Theoretical and constructive approach allows students to understand the essence and peculiarities of the computing method which is widely used at present to solve the heat transfer and fluid dynamics problems.

РАСЧЁТ ОСЕВОГО ДИФфуЗОРА ЗА ПОСЛЕДНЕЙ СТУПЕНЬЮ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ В ПАКЕТЕ FLUENT

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён исследованию осевого кольцевого диффузора, установленного за последней ступенью паровой турбины. Анализируется расчёт диффузора в пакете ANSYS Fluent и моделирование течения в канале диффузора. Отладка настроек ANSYS Fluent проводилась при сравнении результатов расчёта с экспериментальными данными, полученными при испытании конических диффузоров, и расчётов по методу асимптотических пограничных слоёв. Приводится краткий анализ задач для проектирования выходных патрубков паровых турбин и их влияния на надёжность и экономичность турбины.

ВВЕДЕНИЕ

Выходные патрубки современных мощных паровых турбин являются сложными устройствами, от эффективности которых зависит не только КПД паровой турбины, но и надёжность её эксплуатации. В современных паровых турбинах применяют выходные патрубки различных конфигураций и типов: осерадиальные, кольцевые с криволинейными и прямолинейными образующими, конические и широкоугольные, со встроенными диффузорами и без них. Во всех аксиальных патрубках из-за поворота потока на 90° по отношению к горизонтальному разбёму корпуса паровой турбины появляется окружная неравномерность давления за последней ступенью турбины, что может приводить к низкочастотной вибрации, снижающей надёжность эксплуатации турбины. Диффузоры выходных патрубков позволяют снизить окружную неравномерность и преобразовать часть кинетической энергии выходного потока в потенциальную энергию. При этом давление за последней ступенью турбины становится меньше давления в конденсаторе, что позволяет увеличить КПД всей турбины на 0,1—0,2 %. Поэтому исследование влияния диффузора на работу паровой турбины является весьма актуальным.

1. СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫХОДНЫХ ПАТРУБКОВ ПАРОВЫХ ТУРБИН

Выходные патрубки мощных паровых турбин аэродинамически несовершенны из-за ограничения осевых габаритов турбоустановки, расположения встроенных подшипников в корпусе патрубка, а также обеспечения жёсткости их конструкции [1]. Потери давления по ходу пара велики, поэтому они не только не позволяют снизить

потери с выходной скоростью за последней ступенью турбины, но и в некоторых случаях ведут к дополнительным потерям. Разворот потока на 90° в большинстве выходных патрубков неизбежно провоцирует интенсивные вторичные течения, приводящие к сворачиванию потока пара в два вихревых шнура. Поскольку в ядрах вихревых шнуров осевые скорости невелики, то их появление ведёт к уменьшению эффективной площади патрубка. Вследствие этого в некоторых режимах работы турбины при относительных скоростях за последней ступенью $M_z > 0,8$ происходит запирание патрубка. Проектирование выходных патрубков в условиях жёстких ограничений конструкции паротурбинной установки является сложной задачей. Для диффузоров выходных патрубков разработаны конструктивные приёмы, подтверждённые экспериментально, препятствующие образованию отрыва: ступенчатые диффузоры, вдув дополнительного потока в пристеночный слой, отсос пограничного слоя, использование продольного или поперечного оребрения и др. Все эти меры направлены на уменьшение отрыва в диффузорах и снижения полных потерь в патрубках ξ_p .

Наиболее эффективными являются осевые патрубки, представляющие собой кольцевой диффузор за последней ступенью турбины. Применение таких патрубков ограничивается однопоточными ЦНД паровых турбин малой мощности или однопоточными ЦНД для одновальных парогазовых установок с осевым расположением конденсатора. Коэффициент полных потерь в патрубках с осевым кольцевым диффузором можно снизить до 0,4—0,8.

Первой задачей данного исследования является подбор настроек *ANSYS Fluent*, в основном модели турбулентности, для получения физически достоверной модели течения в осевом диффузоре и доказательство этой достоверности сопоставлением результатов расчётов с экспериментальными исследованиями.

Второй задачей является определение максимального угла раскрытия кольцевого диффузора паровой турбины, при котором отсутствует отрыв потока и обеспечивается равномерное поле скоростей на выходе из диффузора. Это позволит спроектировать выходной патрубок минимальной длины для сокращения осевого габарита установки.

2. РАСЧЁТ КОНИЧЕСКОГО ДИФFUЗОРА В ПАКЕТЕ ANSYS FLUENT И СОПОСТАВЛЕНИЕ С ОПЫТНЫМИ ДАННЫМИ

Для проверки результатов расчётов в пакете *ANSYS Fluent* было проведено сопоставление с опытными данными, полученными при испытаниях серии конических диффузоров [2], а также с расчётами по методу Кутателадзе С.С. и Леонтьева А.И. [3]. Диффузоры испытывались при различных углах расширения, взятых в пределах $\alpha = 4^\circ \div 18^\circ$, и степенях расширения в диапазоне $n = F_2/F_1 = 2 \div 16$, где F_1, F_2 — входная и выходная площади диффузора. У всех испытанных диффузоров входной диаметр $d_1 = 80$ мм. Испытания заключались как в измерении полей скоростей по различным сечениям, так и в определении полных потерь в диффузорах $\xi_{\text{п}}$. Рабочим телом в экспериментах был воздух, число $Re_d = \rho_1 c_1 d_1 / \mu$, где ρ_1, c_1 — плотность и скорость на входе в диффузор; μ — динамическая вязкость, которая изменялась в пределах $3 \times 10^4 \leq Re_d \leq 10^6$, но только в результате изменения скорости потока. Относительная скорость $\lambda = c/a_{\text{кр}}$, где $a_{\text{кр}}$ — критическая скорость, которая находилась в диапазоне $0,1 \div 0,8$.

В пакете *ANSYS Fluent* был рассчитан конический диффузор, геометрическая форма которого была полностью идентична испытанному диффузору: угол раскрытия 6° и степень расширения $n = 2$. Во встроенной подпрограмме *GEOMETRY* был начерчен диффузор, затем была построена сетка с размером ячеек от 0,2 до 2 мм и количеством 35 000 ячеек. Далее были заданы граничные условия на входе в диффузор: скорость потока (54, 108, 162, 216, 270 м/с), расход среды 0,12 кг/с и избыточное давление 104 000 Па. После этого задача была загружена во встроенный в *ANSYS* решатель и была достигнута необходимая точность путём последовательных итераций. Проверялись три модели турбулентности: *k-ε*, *SST* и *REynolds Stress Model*. Наилучшие результаты были получены на модели турбулентности *SST*, которая и создавалась для отображения вихрей вблизи стенок. На основании градиента распределения давления и скорости в канале диффузора была получена зависимость относительного давления на выходе из диффузора $\varepsilon = p_2/p_{01}$, где p_{01} — давление полного торможения на входе в диффузор, от относительной скорости λ (рис.1).

Из рис. 1 видно хорошее совпадение расчётных и экспериментальных данных. В области $\lambda > 0,6$ есть небольшое отличие результатов расчётов этого диффузора по методу Кутателадзе С.С. и Леонтьева А.И. [3] от расчётов, полученных в пакете *ANSYS Fluent*, которое не превышает 1%. Следовательно, данные настройки

пакета можно применять при расчёте кольцевого диффузора за последней ступенью паровой турбины.

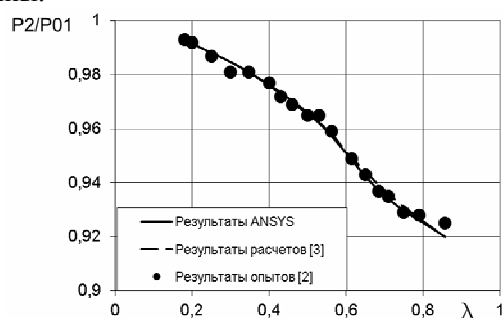


Рис. 1. Сравнение результатов численного эксперимента в пакете *ANSYS Fluent* с опытными данными [2] и расчётами по методу Кутателадзе С.С. и Леонтьева А.И. [3]

3. РАСЧЁТ ОСЕВОГО КОЛЬЦЕВОГО ДИФFUЗОРА ЗА ПОСЛЕДНЕЙ СТУПЕНЬЮ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ

Для решения второй задачи данного исследования был выбран кольцевой диффузор с прямолинейными образующими за последней ступенью паровой турбины одновальной ПГУ-412 типа *Cobra Ansaldo Energia*.

В *ANSYS* была построена 3D модель такого диффузора в натуральную величину: $d_1 = 4200$ мм, диаметр втулки $d_{\text{вт}} = 1800$ мм = const, длина диффузора $L = 7000$ мм. Угол раскрытия диффузора изменялся от 6° до 15° по периферийному обводу диффузора. Дальнейший расчёт проведён аналогично расчёту конического диффузора только с рабочим телом — водяным паром. Для определения максимально допустимого угла раскрытия диффузора и предельной скорости на входе была также использована модели турбулентности *SST*, позволяющая моделировать отрывные течения.

В расчётах были получены распределения давления и скорости в исследованных диффузорах как по отдельным сечениям диффузора, так и в меридиональной плоскости, выведены векторы скорости.

На рис. 2 приведены векторы скорости в диффузоре с углом раскрытия 15° (приведена только нижняя часть изображения). При высоких скоростях на входе в диффузор в турбулентном пограничном слое происходит ламинаризация потока на входном участке диффузора, т.е. возрастает локальная конфузурность и подавляется турбулентный перенос жидкости в поперечном направлении.

В результате происходит падение полноты профиля скорости в пристеночной области. Из рисунка видно, что в этом диффузоре отрыв начинается на расстоянии примерно $0,2 L$ от входа, что ведёт к кризисному росту коэффициента полных потерь $\xi_{\text{п}}$, который связан с коэффициентом восстановления энергии простой зависимостью $\xi_{\text{вос}} = 1 - \xi_{\text{п}}$.

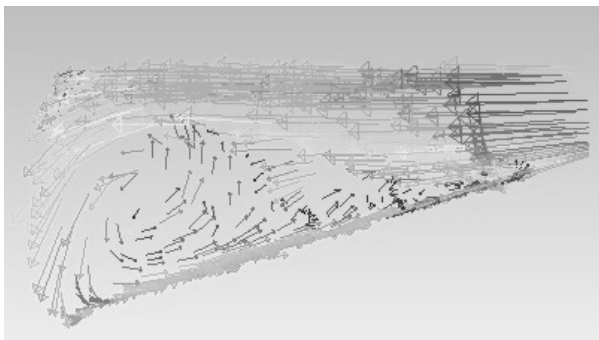


Рис. 2. Возникновение отрыва потока в кольцевом диффузоре с углом раскрытия 15°

Если величина $\xi_{\text{п}} > 1$ (в патрубке отсутствует диффузорный эффект), то давление за последней ступенью турбины p_{2z} оказывается больше давления в конденсаторе $p_{\text{к}}$. Поток отрывается от периферийного обвода, возникает кольцевой вращающийся вихрь. Ядро течения сохраняется только вдоль втулки диффузора, где существуют зоны ускорения и замедления скорости, при этом восстановления давления в диффузоре не происходит.

Распределение давления в диффузоре с углом раскрытия 15° также свидетельствует об образовании вращающихся вихрей вблизи периферийного обвода диффузора. Причём вихревая картина не является симметричной, что говорит о возможности возникновения низкочастотной вибрации рабочих лопаток при больших углах раскрытия диффузора.

По мере уменьшения угла раскрытия диффузора отрыв перемещается к выходной части, локальные зоны ещё видны при угле раскрытия 8° .

Кольцевой диффузор с углом раскрытия 6° является безотрывным и может быть рекомендован для паровой турбины указанного типа. Опыты показывают распределение давления в кольцевом диффузоре. Коэффициент восстановления диффузора с углом раскрытия 6° , определённый по формуле

$$\xi_{\text{вос}} = (p_{\text{к}} - p_{2z}) / (c_{2z}^2 / 2u_{2z})$$

составляет $\xi_{\text{вос}} = 0,21$.

Следовательно, коэффициент полных потерь в диффузоре $\xi_{\text{п}}$ составляет 0,790.

При расчёте по полуэмпирической формуле [1]

$$p_{2z} = p_{\text{к}} [1 + 3,8 \cdot 10^{-6} (\xi_{\text{п}} - 1) c_{2z}^2]$$

получается близкое значение $\xi_{\text{п}} = 0,799$.

Дальнейшие исследования осевого диффузора состоят в моделировании течений с неравномерным распределением давления в радиальном направлении и закруткой потока на входе в диффузор. Дело в том, что за последней ступенью турбины даже при расчётном режиме невозможно

добиться осевого выхода потока, а следовательно, существует радиальный градиента давления. При переменных режимах работы турбины эти явления усугубляются. При этом будут происходить изменения и в картине течения в самом диффузоре. Таким образом, намечены пути продолжения данной работы.

4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ANSYS FLUENT ПРИ ПОДГОТОВКЕ МАГИСТРОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ»

В учебных планах подготовки магистров в НИУ «МЭИ» по направлению «Энергетическое машиностроение» пять лет назад был введён предмет «Компьютерные технологии в науке и производстве». В рамках этой дисциплины студентам даётся представление о задачах, которые можно решать с помощью этого программного обеспечения, о создании математических моделей, описывающих физические явления в поставленных задачах, и математических методах, лежащих в основе расчётного эксперимента. В *Fluent* представлены различные модели процессов теплообмена, включая естественную, вынужденную и смешанную конвекцию с сопряжённым теплообменом, пористостью и т.д.

Студенты знакомятся с приёмами создания моделей расчётных областей в препроцессоре *Gambit*, с заданием различного вида граничных условий, с типами сеток и требованиями к ним при решении конкретных задач, а также с возможностью экспортирования моделей и сеток из других программных комплексов, в частности из *SolidWorks*. Важным вопросом для правильной постановки задачи является выбор модели турбулентности. *Fluent* располагает широкими возможностями по заданию моделей турбулентности, начиная от самых простых двухпараметрических моделей: k - ϵ и k - ω до многопараметрических *LES* (моделирование крупных вихрей) и *DNS* (непосредственное численное моделирование). От правильного выбора моделей турбулентности зависит не только сходимость процесса вычислений, но и правильность физических явлений, отражаемых расчётным экспериментом. В лекциях даётся представление об источниках погрешности численного эксперимента, о сходимости решения и эффективности численных методов. Те студенты, которые заинтересовались данной темой, продолжают совершенствоваться в этой области в процессе прохождения учебной и производственной практик на втором курсе магистратуры, используют полученный материал в магистерских диссертациях. Так, были поставлены и решены задачи о течении влажного пара в соплах и решётках турбин, которые далее нашли свое продолжение в аспирантуре. В качестве примера

можно назвать работу [4], которая была начата на втором курсе магистратуры. Благодаря освоению сложного программного обеспечения выпускники кафедры «Паровые и газовые турбины» работают в московских филиалах таких известных компаний, как *Alstom*, *Siemens*, *General Electric*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диффузоры выходных патрубков паровой турбины позволяют снизить окружающую неравномерность давления за последней ступенью и преобразовать часть кинетической энергии выходного потока в потенциальную энергию. Сопоставление расчётов конического диффузора в пакете *ANSYS Fluent* с опытными данными и результатами расчёта по методу асимптотических пограничных слоёв дало хорошее совпадение при выборе SST модели турбулентности.

Расчёты осевого кольцевого диффузора за последней ступенью паровой турбины в пакете *ANSYS Fluent* позволили выбрать оптимальный угол рас-

крытия периферийного обвода диффузора $\gamma = 6^\circ$ при постоянном диаметре втулки.

Дальнейшее продолжение исследований должно идти по пути учёта радиальной неравномерности и закрутки потока на входе в диффузор, имитирующее параметры за последней ступенью турбины

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Зарянкин А.Е.** Механика несжимаемых и сжимаемых жидкостей. М.: Издательский дом МЭИ, 2014.
2. **Идельчик И.Е., Гинзбург Я.Л.** О механизме влияния условий входа на сопротивление диффузоров // ИФЖ. Т. 16. № 3. 1969.
3. **Богомолова Т.В.** Исследование газодинамики и теплообмена внутренних течений в энергетических установках: Автореф.... докт. диссертации. М.: МАИ, 2000.
4. **Богомолова Т.В., Мельников О.В.** Применение ANSYS-FLUENT для прочностных расчётов рабочих лопаток последних ступеней турбин // Труды МАИ. Вып. 66. 2013.

T.V. Bogomolova, I.B. Lazarev

BogomolovaTV@mpei.ru; lazarev_ilia@rambler.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

CALCULATION OF THE AXIAL DIFFUSER OF THE LAST STAGE OF THE STEAM TURBINE IN THE PACKAGE FLUENT

SUMMARY

The report is devoted to the influence of the axial annular diffuser installed behind the last stage of the steam turbine. Analyzes the calculation of the diffuser in the package ANSYS Fluent and simulation of flow in the channel of the diffuser. Debug settings ANSYS Fluent was carried out by comparison of calculation results with experimental data obtained in the tests of conical diffusers and calculations by the method of asymptotic boundary layers. A brief analysis of the challenges for the design of the outlet of steam turbines and their impact on the reliability and efficiency of the turbine.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

АННОТАЦИЯ

В докладе представлена концепция организации обучения студентов автоматизированному проектированию в Петербургском государственном университете путей сообщения (ПГУПС). Она заключается в подходе к проектированию с позиций распознавания будущего объекта путём выявления его признаков, начиная с технического задания до рабочей документации. Показано применение такого подхода в учебном процессе. Изложены принципы построения информационных систем с архитектурой открытого типа, обеспечивающие переносимость данных и технологических приёмов между различными специальностями.

ВВЕДЕНИЕ

Научно-технический прогресс в машиностроительной отрасли неразрывно связан с повышением сложности как создания, так и обслуживания, включая ремонт объектов техники. Это обстоятельство соответственно требует повышения уровня знаний специалистов, участвующих в перечисленных работах, что заставляет совершенствовать подготовку будущих работников отрасли в учебных заведениях, в первую очередь в вузах. Тенденция поиска путей улучшения подготовки специалистов ощущается в общемировой практике и главным её направлением является междисциплинарный и трансдисциплинарный подходы к учебному процессу. Немаловажное значение имеет и углубление знаний в преподаваемых дисциплинах.

В этом направлении и ведётся работа по совершенствованию учебного процесса в ПГУПС.

1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАК РАСПОЗНАВАНИЕ

Кафедра «Автоматизированное проектирование» появилась в Петербургском государственном университете путей сообщения лишь в 2005 году. До этого САПР осваивали все специальные кафедры как могли. Кафедра «Строительные и дорожные машины и оборудование», образованная в 1972 году, готовила специалистов по одноименной специальности. В её учебный план входила дисциплина «Основы проектирования машин» с разделом автоматизированного проектирования. С годами разрастаясь этот раздел превратился в отдельную дисциплину «Основы автоматизированного проектирования». В восьми-

десятые годы прошлого столетия интерес к автоматизированному проектированию возрос до эйфории. Многие полагали, что применение САПР коренным образом изменит процесс проектирования, сделает его более производительным, позволит повысить качество проектируемых изделий. Производственные и проектные организации закупали дорогостоящую вычислительную технику и другие технические средства обеспечения САПР, создавали специальные отделы и лаборатории. Однако большинство конструкторов не было готово к использованию вычислительной техники, к тому же был затруднен доступ к ней. Получалось так, что отделы и лаборатории САПР были сами по себе, а конструкторы, не обращаясь к ним, продолжали использовать традиционные методы проектирования. В этот период студенты технических вузов, овладевая программированием, могли разрабатывать программы для выполнения вычислительных работ по используемым конструкторами алгоритмам. Конструкторы доверяли таким программам.

Студенческое конструкторское бюро (СКБ) кафедры строительных и дорожных машин ПГУПС занималось проектированием машин и пропагандой САПР. Одна из разработок по заказу строительной организации — машина для нарезания узких щелей в мерзлом грунте — была не только спроектирована, но и изготовлена при участии студентов. Машина демонстрировалась в 1975 году на ВДНХ и была удостоена медалей выставки.

Студенты выступали в проектных организациях по их приглашению с докладами по САПР. По договору с Всесоюзным научно-исследовательским институтом землеройного машиностроения (ВНИИЗЕММАШ) СКБ разрабатывало программы для проектировочных расчётов по методикам, применяемым в этом институте. Программы внедрялись в практику работы ВНИИЗЕММАШ и в учебную работу.

К концу восьмидесятых годов эйфория по поводу САПР прошла. Наступило спокойное и устойчивое развитие САПР. В ПГУПС при поддержке его ректора, в то время Е.Я. Красковского, было выделено помещение для кафедры, средства для приобретения вычислительной техники. С того момента до настоящего времени вычисли-

тельную технику представляло всё то, что могло быть использовано для САПР. Вначале ЭВМ «Проминь», затем «Наири», позже АРМ на базе СМ-3, отечественные персональные вычислительные машины. Первое применение машинной графики было использовано в дипломных проектах в 1978 году. Направлением своих исследований в области САПР кафедра избрала её методическое обеспечение, до сих пор остающееся наименее развитым. В 2003 году на базе помещения, используемого для САПР, была сформирована лаборатория «Методическое обеспечение САПР», опирающаяся на работу СКБ кафедры. В настоящее время лаборатория оснащена всеми техническими средствами САПР.

В научном направлении кафедра ведёт исследования в области методологии проектирования. Основной её концепцией на кафедре считают отнесение проектирования к распознаванию [1]. В отличие от традиционного распознавания в проектировании распознаётся не то, что существует, а то, что должно существовать для удовлетворения определённой потребности. Сведение проектирования в русло распознавания имеет цель — направить творчество к созданию не просто любых новых объектов техники, а лишь тех, которые лучшим способом удовлетворяют определённую потребность. И в традиционном распознавании, и в проектировании оперируют выявляемыми признаками объекта. Распознавание при проектировании — многоуровневый процесс. Он характеризуется последовательными этапами, на каждом из которых объект проектирования получает описание на языке признаков, образующее некоторое пространство. На каждом этапе это пространство сужается, и поэтому проектирование можно рассматривать как процесс последовательных приближений. Каждый этап характеризуется своим собственным оператором, содержащим анализ и синтез.

Логика проектирования такова. На первом этапе формируются пользовательские и системные требования к будущему объекту. По ним проектировщик узнает, нужно ли проектирование, выявив обстоятельства, исключающие его необходимость. Требования систематизируются с учётом их взаимосвязи и ранжируются по важности. В дальнейшем они выступают как цели проектирования. Каждая цель порождает признаки (свойства), которыми должен обладать объект для её достижения. Поиск вариантов технического решения проходит по установленным признакам. Для принятия решения о выборе оптимального варианта используются критерии исходя из целей проектирования.

Основным общепризнанным достижением методологии проектирования в прошлом веке можно считать Единую систему конструкторской до-

кументации (ЕСКД). На её основе сформирована процедурная модель проектирования (рис. 1). В настоящее время автоматизация проектирования на стадиях конструирования (эскизный и технический проект, рабочая документация) имеет обеспечение в виде многочисленных программ.

За период обучения в ПГУПС по специальности «Подъёмно-транспортные, строительные и дорожные средства и оборудование» студенты осваивают в ходе учебных занятий: Компас, AutoCAD, Solid Works. На последнем (пятом) курсе они уже самостоятельно в ходе планомерно отведённого для этого времени изучают и должны применять в курсовом и дипломном проектировании Solid Edge. Для этого они могут воспользоваться хорошей учебной поддержкой компании Siemens PLM Software. На лекциях студентам представляется отечественная программа nanoCAD, также имеющая хорошую учебную поддержку.

В лаборатории «Методическое обеспечение САПР» на основе исследований методологии проектирования с участием студентов создан Программно-методический комплекс (ПМК) для начальных стадий проектирования. На рис. 2 представлено головное окно ПМК с загруженной базой знаний для проектирования путевых машин.

ПМК поддерживает выполнение процедур технического задания и технического предложения: определение потребности и целей проектирования, установление признаков объекта проектирования, поиск вариантов технического решения, принятие решения, анализ принятого решения. Учитывая, что на начальных стадиях проектирование приходится иметь дело с нечёткой информацией, ПМК построен на нечётких математических моделях: нечётких множествах, высказываниях и переменных, нечётких отношениях. В ПМК входит также экспертная система (ЭС) для поиска вариантов технического решения, программа принятия решения. ЭС построена на фрейме и процедурных правилах. Она позволяет на основе базы знаний применительно к определённому классу объектов строить варианты технического решения, отвечающие найденным признакам объекта проектирования. Все программы выполнения процедур проектирования объединены в единую оболочку. Базы знаний размещаются на внешних носителях и создаются отдельно от ПМК. Для поиска вариантов технического решения в пределах одного класса объектов необходимо загрузить соответствующую базу знаний в ПМК.

Организованный таким образом ПМК может являться основанием для Гибкого автоматизированного конструкторского бюро (ГАКОБ).

Использовать в полном объёме ПМК студенты могут при выполнении дипломного проекта. Тогда же некоторые из них, главным образом участники СКБ, создают новые базы знаний. В кур-

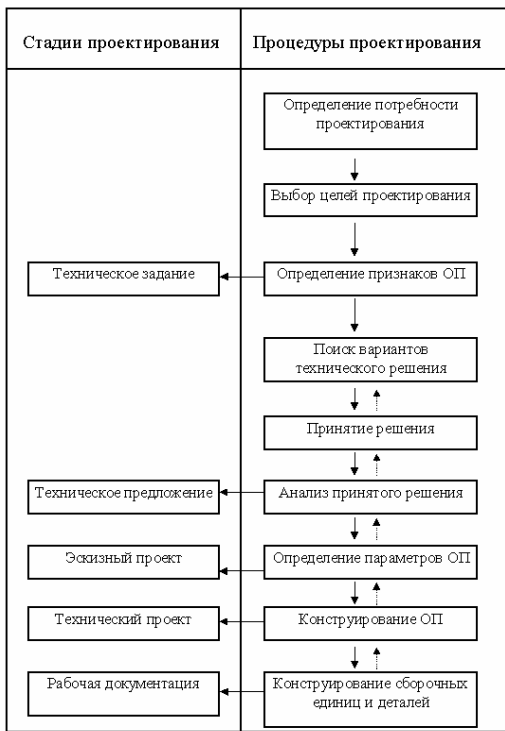


Рис. 1. Процедурная модель проектирования. ОП — объект проектирования

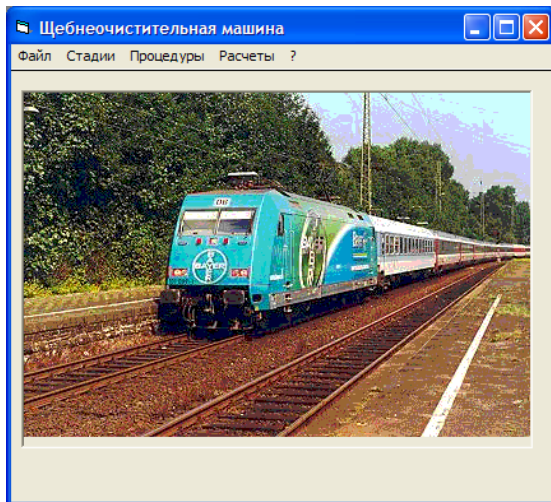


Рис. 2. Головное окно ПМК

совом проектировании все процедуры начальных стадий проектирования студенты выполняют «вручную» для того, чтобы освоить методику проектирования.

Студентам всего потока (две учебные группы) выдаётся единое задание. Например: «Разработать техническое предложение щебнеочистительной машины для капитального ремонта пути промышленного железнодорожного транспорта». Тема курсовой работы выбирается такой, чтобы объект проектирования отсутствовал в нашей стране. Несмотря на общую тему, каждый студент должен в результате предложить не менее десяти различных вариантов и выбрать из них лучший, в большей степени отвечающий поставленным целям. Некоторые общие разделы проек-

та выполняются совместно на практических занятиях в виде деловой игры, когда преподаватель выступает в роли заказчика, а студенты — в роли исполнителей. Такой метод организации выполнения курсовой работы позволяет провести конкурс студенческих технических предложений. В конце семестра называются и награждаются победители.

На лекциях и особенно в ходе выполнения выпускной работы уделяется внимание исследовательскому проектированию. Какие же процедуры проектирования оказываются связанными с исследованиями? Для технического задания необходимы исследования рынка, требований со стороны всех сфер окружения будущего объекта: научно-технического, экономического, конкурентного, социального, требований заказчика.

Процесс формирования требований и управления ими закладывает основу успешного создания современных сложных систем и изделий. Нередко даже одно какое-либо плохо сформулированное требование может привести по принципу «домино» к результату, не соответствующему первичной потребности заказчика. В числе требований есть системные и пользовательские. Системные во многом определяются стандартами. Пользовательские включают требования заказчика и всех сфер окружения будущего объекта.

В ходе выполнения проекта требования могут изменяться, к тому же они могут быть нечёткими, и если в самом начале не удастся сформулировать относительно стабильные наиболее важные согласованные требования, работа над проектом будет сопровождаться шараханьем из стороны в сторону. Установить такие требования возможно только на основе глубокого их анализа, что требует проведения исследования. Согласованные требования обеспечивают базу для планирования выполнения проекта, принятия проектных решений, приёмки объекта после завершения работ. Организовать требования нужно так, чтобы на любом этапе выполнения проекта разработчик имел чёткое представление о тех из них, которые имеют отношение к этому этапу. Практика показывает, что неполнота учитываемых требований становилась одной из основных причин провала проектов.

На основе исследования требований формируются цели проектирования, определяются признаки объекта. Все это требует системного анализа. Цепь, включающая исследование требований к объекту проектирования и вслед за этим исследование целей и признаков объекта, отражает логику процесса разработки проекта. Цели проектирования, вытекающие из требований, неравнозначны. Достичь их в равной степени невозможно. Так, например, цели повышения надёжности и снижения себестоимости чаще всего ока-

зываются противоречивыми. Повышение надёжности связано зачастую с применением более дорогостоящих материалов и технологий, а это влечёт повышение себестоимости. В этой ситуации следует решить, какой из этих целей отдаётся предпочтение. Элементы полного множества целей придётся ранжировать по важности, и делать это приходится в условиях неопределённости. Цели проектирования определяют признаки объекта, в качестве которых могут выступать показатели качества. Так, цель, связанная с надёжностью, требует учёта таких показателей, как вероятность безотказной работы, наработка на отказ, гамма-процентный ресурс и другие. Установленные признаки направляют поиск технических решений.

На начальной стадии проектирования имеют дело с нечёткой информацией. Поэтому для анализа и систематизации требований, целей и признаков приходится обращаться к нечётким математическим моделям. О них студенты получают сведения на лекциях. Для выполнения курсовой работы, учитывая ограниченное время, отводимое для её выполнения, требования к объекту проектирования задает преподаватель. В работе над дипломным проектом студент должен их распознать самостоятельно.

На стадии технического предложения приходится исследовать состояние соответствующей объекту проектирования отрасли техники, прогнозировать пути её развития, заниматься поиском технических решений, принимать решение на многокритериальной основе, анализировать принятое решение [2]. Всё это находит отражение на лекциях, практических занятиях в курсовом и дипломном проектировании. Поиск вариантов технических решений студентам предлагается выполнить любым из возможным способом, делая упор на морфологический анализ. Этот способ расширяет вариантность технического решения. Так, если у проектируемого объекта независимо от его конструктивного решения выделяется пять основных функций и каждая из них может быть реализована пятью различными средствами, то общее число вариантов составит 3125. На этом основании и выдаётся общее задание для курсовой работы всей студенческой группе. В курсовой работе студенты должны предложить не менее десяти вариантов технического решения, из которых они выбирают лучший, в наибольшей степени отвечающий целям проектирования при заданных ограничениях, пользуясь матрицей решений. В дипломном проекте студенты могут для этого использовать ПМК.

На стадиях конструирования объекта в дипломной работе проводится структурный, кинематический и динамический анализы, выполняются проектировочные и проверочные расчёты,

анализируются на моделях (физических, математических, виртуальных) работоспособность, управляемость, эргономичность, эстетичность, безопасность. Все процедуры анализа преследуют цель оптимизации параметров объекта. Для выполнения этой работы студенты пользуются имеющимся на кафедре программным комплексом APM WinMachine и SolidWorks. На лекциях показывается обращение к научно-исследовательской работе в процессе испытания опытного образца объекта. На научной основе разрабатывается методика проведения экспериментов: планирование, организация, обработка полученных данных. Исследования необходимы для разработки эксплуатационной документации (ЭД). Это анализ опыта эксплуатации аналогичных изделий и их составных частей. К исследованиям следует отнести и определение безотказности, ремонтпригодности, долговечности, сохраняемости изделия, а также функционально-стоимостной анализ. Таким образом, практически все процедуры проектирования связаны с исследованиями, и дело лишь в том, в какой мере они проводятся и проводятся ли вообще. Для создания наукоёмких изделий исследования нужны в полной мере. Исследовательский характер имеют практически все проектировочные и поверочные расчёты, в частности расчёты на прочность методом конечных элементов (МКЭ). Все эти вопросы рассматриваются на лекциях, по ним даются задания студентам для самостоятельной работы. Так, студенты самостоятельно осваивают программу Solid Edge, для чего они используют бесплатную загрузку на свои компьютеры этой программы и учебные материалы по ней, предоставляемые компанией Siemens PLM Software. В рабочую программу по дисциплине включены и разделы, относящиеся к рассмотрению программных комплексов Telelogic DOORS и Teamcenter. Они нашли уже широкое применение при разработке новых моделей автомобилей, самолётов, различных устройств авиационной техники, приборов, индикаторов, навигаторов. В Teamcenter решается проблема трассировки требований по всем этапам принятия проектных решений, обеспечивается полнота представления требований при конструировании, технологической подготовке, эксплуатации машин. Представлены первичные инструменты для описания требований: графическое описание требований, функциональных и логических схем, прослеживаемость от требований верхнего уровня до реализации. Всё это даёт возможность принимать оптимальные технические решения.

В рабочей программе по дисциплине рассмотрены и современные компьютерные технологии, позволяющие уже на стадии технического предложения исследовать объект проектирования

с помощью виртуальных моделей. Для этого студентов знакомят с программами ADAMS, Универсальный механизм (UM), Model Vision Studium (MVS) и другие. Для конструирования рассматриваются многочисленные программные средства, включая интегрированные (CAD/CAM/CAE), предназначенные для графических и расчётных работ.

Для того чтобы в полной мере использовать уже имеющиеся средства и выполнять исследовательское проектирование, нужны квалифицированные специалисты. Подготовка таких специалистов только на профилирующих кафедрах недостаточна. Несмотря на то, что все кафедры высших учебных заведений в настоящее время используют информационные технологии и обучают этому студентов, общую единую для разных специальностей концепцию автоматизированного исследовательского проектирования должна представлять специальная кафедра. В ПГУПС такой кафедрой является кафедра «Автоматизированное проектирование». На ней в содружестве с кафедрой ПТПиСМ ведутся работы по развитию методического обеспечения автоматизации исследований.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА НА КАФЕДРЕ «АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ»

В настоящее время наблюдается неполная согласованность концепции и балансировки учебных планов подготовки бакалавров и инженеров по отдельным направлениям и специальностям. Причина — недостаточный учёт значимости междисциплинарных связей в формировании профессиональных навыков и умений обучающихся. Необходимо на разных стадиях подготовки специалиста использовать унифицированные педагогические технологии и педагогические приёмы для представления различных дидактических материалов. С помощью подобного универсального средства учащийся может комфортно приступать к изучению новой информации, чётко представляя себе все этапы процесса, поскольку методика уже неоднократно использовалась им ранее.

Освоение учащимися на младших курсах технологии информационной поддержки процесса конструирования изделий, может стать «стержнем», на основе которого системно формируются профессиональные навыки будущего специалиста.

В основу инфраструктуры учебного процесса с применением PLM-технологий положены принципы построения информационных систем с архитектурой открытого типа, обеспечивающие переносимость данных и технологических приёмов между различными специальностями, их

взаимодействие за счёт использования стандартных интерфейсов между программными компонентами информационных систем и работы в едином информационном пространстве.

В настоящее время структура учебного процесса построена по многоуровневому принципу. Для бакалавриата и специалитета в качестве базовых программных CAD/CAE-функционалов используются средства инженерного уровня [3]:

- для специальностей механического направления — SolidWorks (система автоматизированного проектирования, инженерного анализа и подготовки производства изделий любой сложности и назначения), а также «Программно-методический комплекс для начальных стадий проектирования», созданный на кафедре «Подъёмно-транспортные, путевые и строительные машины» ПГУПС;
- для строительных специальностей — AutoCAD Revit, AutoCAD Civil 3D, Autodesk Robot Structural Analysis (архитектурные решения в строительстве, статические, динамические, тепловые и др. расчёты конструкции, картография, изыскания и землеустройство).

Подготовка специалистов высшей квалификации осуществляется с привлечением систем автоматизированного проектирования более высокого класса, например: Creo Parametric 2.0 (Pro/ENGINEER) или SOFiSTiK. Creo Parametric 2.0 (Pro/ENGINEER) – это приложение для сбора и управления требованиями к изделию, а также для анализа соответствия изделия нормам и экологическим требованиям (в том числе и требованиям государственных и отраслевых стандартов). Программный комплекс SOFiSTiK предназначен для высококвалифицированных инженеров-расчётчиков конструкций и может использоваться для создания шаблонов решения сложных расчётных и исследовательских задач различных видов конструкций.

С целью укрепления междисциплинарных связей решения проблем стыковки и преемственности дисциплин на младших курсах в учебный процесс включены вопросы изучения различных средств автоматизации процесса проектирования. В дальнейшем учащийся может значительно сократить время, оптимизировать трудозатраты на усвоение нового материала, поскольку рутинные вычислительные и оформительские процедуры выполняются компьютером.

Машинная графика систем автоматизированного проектирования может использоваться в учебном процессе уже на начальном этапе (дисциплина «Инженерная графика»), когда рассматриваются вопросы представления графической информации, введение в систему единой конструкторской документации. На следующем этапе обучения (дисциплина «Теория механизмов ма-

шин») применяются средства графических решателей SolidWorks Motion, которые позволяют проводить исследования взаимного перемещения элементов конструкции на теоретическом уровне, когда элементы представлены условным изображением (блоками) [3].

Встроенная интерактивная справочная система, лабораторные работы позволяют пользователю самостоятельно выполнять конструктивное исполнение деталей, создавать собственные сборочные решения в процессе курсового проектирования по курсу «Детали машин».

Подготовка учащихся на общеобразовательных кафедрах завершается изучением технологий инженерного анализа разработанной конструкции (дисциплина «Компьютерный инжиниринг»). На предмете изучаются вопросы предварительного определения размеров компонентов сборки методом конечно-элементного анализа, осуществляются статические и динамические расчёты на прочность в линейном и нелинейном приближениях, расчёты на устойчивость, решение контактных задач.

Описанный методологический подход справедлив при проектировании любых образцов техники и, следовательно, может быть использован при обучении проектированию не только инженеров-механиков, но и студентов электротехнических, информационных и других специальностей.

На специализированных кафедрах учащийся может решать поставленные технические задачи уже на значительно более высоком профессиональном уровне: это комплексный кинематический и динамический анализ узлов и агрегатов, моделирование технологического процесса на основе PLM-технологий [4], решать экстремальные задачи на предмет экономической целесообразности проекта в целом.

Вопросы построения учебного процесса в вузе, разработку тем курсовых и дипломных проектов, актуальных для производства, целесообразно решать с привлечением компаний — разработчиков программного обеспечения. В сотрудничестве с такими лидерами промышленного развития, как корпорация SolidWorks Russia [5], компания ПСС (Gold Partner Autodesk AEC), компания АС-КОН, Parametric Technology Corporation (PTC) определяется структура учебного процесса в вузе, корректируются пути его дальнейшего совершенствования.

Задания на проектирование устанавливаются представителями профильных предприятий, заинтересованных в квалифицированных специалистах, которые знают современные правила и технологии информационной поддержки производства. Таким образом, учащиеся получают практический опыт работы над выполнением ре-

ального проекта в команде разработчиков, взвешенно выбирают направление дальнейшего обучения в магистратуре, проходят проверку на достаточность имеющихся у них знаний для успешной работы в отрасли.

В 2015 году исполнилось 10 лет со времени создания в нашем университете новой кафедры «Автоматизированное проектирование». Для такой кафедры, если учитывать условия, в которых она создавалась и существует до настоящего времени, срок немалый. Условия эти характеризуются неоднозначным к ней отношением. Многие специальные кафедры университета ко времени создания кафедры автоматизированного проектирования уже внедряли в учебный процесс элементы САПР и поэтому сомневались в необходимости новой кафедры. Те, кто занимался её организацией, понимали — противники будут правы, если кафедра ограничится лишь обучением студентов использованию готовых программ, и потому сразу решили готовить студентов к развитию САПР, взяв в виде основного направления.

Укреплению позиций кафедры автоматизированного проектирования послужило объединение её с кафедрой теории машин и механизмов. Кафедры САПР может и не быть в высшем техническом учебном заведении, но не быть кафедре теории машин и механизмов невозможно. Объединение кафедр даёт возможность построить учебный процесс по междисциплинарному принципу, являющимся основой совершенствования высшего образования, как было отмечено в конце прошлого века на Всемирной конференции по высшему образованию в Париже.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение приведём высказывание из книги «Синергетика и прогнозы будущего»: «Чтобы у страны было будущее, её институты и университеты не должны отражать реалии государства, отбрасываемого в третий мир. Разумно действовать, следуя принципам «опережающего отражения» или «генерации будущего», планируя возрождение России. Следует действовать, имея в виду, прежде всего, потребности «информационного общества» и «постиндустриальной эпохи» [6].

Именно к такому действию должна быть направлена трансформация инженерного образования в подготовке специалистов, владеющих автоматизированным исследовательским проектированием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Быков В.П.** Проектирование в машиностроении на современном уровне // Вестник машиностроения. 2012. № 12. С. 67—70.
2. **Быков В.В., Быков В.П.** Исследовательское проектирование в машиностроении. М.: Машиностроение, 2011. 256 с.

3. **Автоматизированное** проектирование в ИПИ-технологиях: учеб. пособие / Я.С. Ватулин, С.Г. Подклетнов, В.В. Свитин и др. СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2010. 126 с.
4. **Ватулин Я.С.** Моделирование и техническая визуализация в 3DStudio Max : учеб. пособие. – СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2011. 40 с.
5. **Ватулин Я.С., Коровина М.С., Попов Ю.В.** Практикум по SolidWorks: методические указания. СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2011. 17 с.
6. **Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г.** Синергетика и прогнозы будущего. М.: Наука, 1997. С. 285.

V. Bykov, Y. Vatulin, V. Bykov, A. Migrov

vlad_bykov@mail.ru; yan-roos@yandex.ru; Vladimir.bykov@bk.ru; amigrov@gmail.com

Petersburg state transport university, Saint-Petersburg

COMPUTER-AIDED DESIGN IN EDUCATIONAL PROCESS OF PETERSBURG STATE TRANSPORT UNIVERSITY

SUMMARY

The report deals with the concept of organizing the student education management in the field of computer-aided design at the St. Petersburg State University of Railway communication. The concept consists in an approach to designing on the basis of recognition of the future object by identifying its characteristics, starting with a performance specification and finishing by preparing documentation. The approach considered is shown as applied to the educational process. Principles of developing the architecture of information systems of the open type, which provide portability of data and technological processes between different specialties.

ЛОКАЛЬНАЯ ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ — РАСЧЁТ МАГНИТНОЙ ЦЕПИ МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА В EXCEL

АННОТАЦИЯ

Предлагается разработка локального программного обеспечения информатизации дисциплин технического блока. Представлено программное обеспечение по расчёту магнитной цепи машины постоянного тока, выполненное в среде Excel. Пользовательские интерфейсы содержат основные этапы расчёта участков магнитной цепи, справочную информацию в табличном и графическом видах, в форме массива. В программе обеспечивается возможность редактирования ввода информации; встроены мультимедийные файлы, поясняющие устройство и принцип действия МПТ.

ВВЕДЕНИЕ

Усложнения научных знаний, увеличение объёма информации при изучении технических дисциплин возрастают столь стремительно, что традиционные методы преподавания, подготовки специалиста с высшим профессиональным образованием должны сочетаться с достижениями информационных технологий, информатизацией и автоматизацией процесса обучения. Во все формы учебных занятий необходимо внедрение не только современного оборудования, но и совершенно нового уровня способа предоставления информации. При этом можно использовать и типовую программную среду типа Excel для решения локальных задач информатизации инженерных (профессиональных) дисциплин.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЁТА МАГНИТНОЙ ЦЕПИ

Машины постоянного тока по-прежнему играют большую роль в системах электроприводов. Студенты для освоения дисциплины «Электрические машины», изучения устройства и принципа действия МПТ должны выполнять расчёт магнитной цепи и построение магнитных характеристик (рис. 1). Проверочный расчёт магнитной цепи состоит в определении МДС (магнитодвижущей силы) обмотки возбуждения на полюс $F_f = W_f I_f$, необходимой для создания заданного основного потока [1]. Расчёт выполняют на основе закона полного тока для средней магнитной линии:

$$\oint (\overline{H} \overline{dl}) = \sum_i I_i, \quad (1)$$

где H — напряжённость магнитного поля; dl — элемент длины магнитной линии; $\sum_i I_i$ — полный ток, охватываемый магнитной линией.

Расчёт проводят приближенно: задаются направлением вектора H на различных участках магнитной цепи и учитывают лишь токи в обмотках. При этом принимают, что при изменении тока возбуждения коэффициент охвата полюсной дуги (a_δ) остается неизменным.

Принимая значение напряжённости поля на каждом участке (кроме зубцов) H_j неизменным вдоль магнитной линии длиной L_j и учитывая, что направление обхода контура на указанных участках совпадает с вектором напряжённости поля, интеграл в левой части уравнения (1) заменяют суммой

$$\oint (\overline{H} \overline{dl}) = \oint H dl = \sum U_{mj}, \quad (2)$$

где U_{mj} — магнитное напряжение j -го участка; H_j — расчётное значение напряжённости поля на j -м участке.

С учётом принятых обозначений из уравнений (1) и (2) для режима холостого хода машины ($I_a = 0$) получим:

$$U_{m\delta z} + U_{m\sigma} = F_f, \quad (3)$$

где $U_{m\delta z} = U_{m\delta} + U_{mz}$ — магнитное напряжение воздушного зазора (δ) и зубцовой зоны (z) соответственно, А; $U_{m\delta} = 2\delta' H_\delta = 2\delta' B_\delta / \mu_0$, δ' — эквивалентный воздушный зазор, м; H_δ — напряжённость магнитного поля, А/м; B_δ — индукция в зазоре, Тл;

$U_{mz} = h_z H_{zcp}$, где h_z — высота зубца, м; H_{zcp} — среднее значение напряжённости поля в зубце определяемая по формуле Симпсона [1], А/м:

$$H_{zcp} = (H_{z1} + 4H_{z2} + H_{z3}) / 6,$$

где H_{z1} , H_{z2} , H_{z3} — напряжённости поля в трёх сечениях зубца — верхнем, среднем и нижнем; $U_{m\sigma} = U_{ma} + U_{mm} + U_{my}$ — магнитное напряжение в спинках статора и ротора и в сердечнике полюса; $U_{mm} = h_m H_m$;

$$- U_{ma} = L_a I_a; \quad U_{my} = L_y I_y.$$

Напряжённости поля H_m , H_a , и H_y находят с помощью кривых намагничивания сталей по значениям индукции на соответствующих участках:

$$B_a = \Phi_a / s_a; \quad B_m = \Phi_m / s_m; \quad B_y = \Phi_y / s_y,$$

где $B_a = \Phi_\delta / 2$; $B_m = \sigma \Phi_\sigma$; $\Phi_\delta = B_{\delta 1} S_\delta = B_{\delta 1} l_\delta b_\delta$; $\Phi_y = \Phi_m / 2$. Для определения значений H_a , H_m и H_y следует воспользоваться таблицами намагничивания.

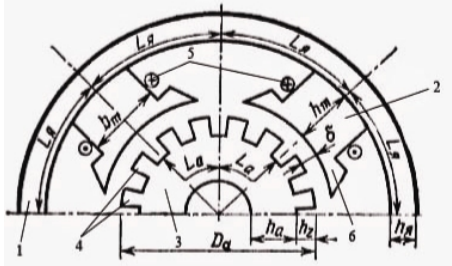
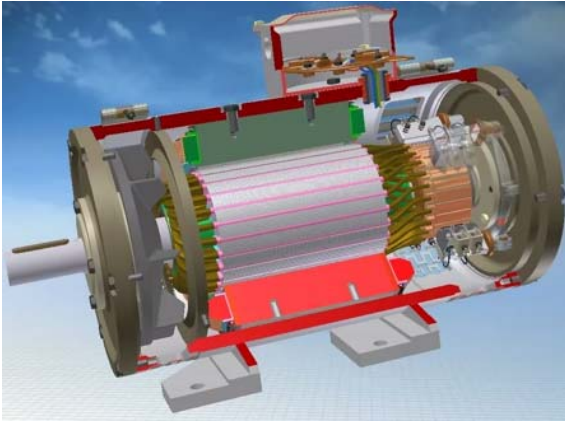


Рис. 1. Магнитная цепь МПТ: 1 — станина (ядро); 2 — сердечник полюса; 3 — якорь; 4 — зубцы якоря; 5 — витки обмотки возбуждения; 6 — полюсной наконечник

Для расчёта магнитного напряжёния зубцовой зоны якоря находят значения магнитной индукции верхнем (B'_{z1}), среднем (B'_{z2}) и в нижнем (B'_{z3}) сечениях зуба:

$$B'_{zi} = \Phi \delta t_1 / S_{zi},$$

где $\Phi \delta t_1 = B \delta t l \delta$; $S_{zi} = l_z b_{zi}$;

При $B'_{zi} \leq 1,8$ Тл значения H_{zi} находят по таблице, которая приводится в ПО.

Расчёт рекомендуется выполнить для ряда значений основного потока, соответствующих $\Phi \delta^* = \Phi \delta / \Phi_{\delta \text{ном}} = 0,5; 0,6; 0,75; 0,9; 1,0$ и $1,2$.

Окончательно все необходимые размеры определяют после расчёта высоты спинки якоря h_a , толщины ярма h_y и ширины сердечника главного полюса b_m и вносят коррективы в эскиз МЦ.

Расчёт размеров зубцовой зоны якоря (рис. 2) осуществляются по следующим формулам:

Длина зубцовой зоны, м:

$$l_z = l_a K_{ст}.$$

Зубцовый шаг в верхнем сечении зуба, м:

$$t_1 = \pi D_a / z.$$

Зубцовый шаг в нижнем сечении зуба, м:

$$t_3 = \pi(D_a - 2h_z) / z.$$

Ширина зуба в нижнем сечении, м:

$$b_{z3} = t_1 / (t_1 / b_{z3}).$$

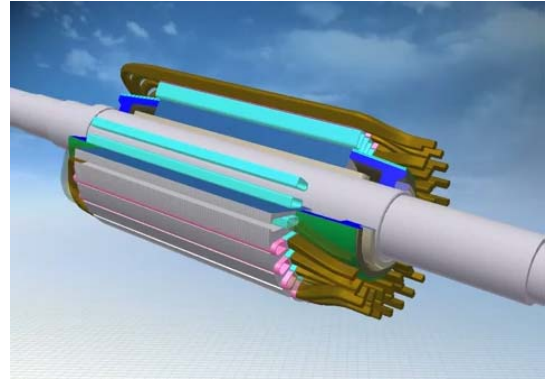


Рис. 2. Якорь

Определяем ширину паза, м:

$$b_{п} = t_3 - b_{z3}.$$

Ширина зуба в верхнем сечении, м:

$$b_{z1} = t_1 - b_{п}.$$

Ширина зуба в среднем сечении, м:

$$b_{z2} = 0,5(b_{z1} + b_{z3}).$$

Зубцовый шаг в среднем сечении зуба, м:

$$t_2 = 0,5(t_1 + t_3).$$

Находим площади зуба в различных сечениях, м^2 :

- в верхнем сечении $s_{z1} = b_{z1} l_z$;
- в среднем сечении $s_{z2} = b_{z2} l_z$;
- в нижнем сечении $s_{z3} = b_{z3} l_z$.

Определяем длину воздушного зазора, мм,

$$l_{\delta} = (l_a + l_m) / 2,$$

где $l_m = l_a - 5$ — осевая длина полюсного наконечника.

Длину магнитной линии в зубцовой зоне принимают равной высоте зуба, м:

$$L_z = h_z.$$

Вычисляем значения зубцовых коэффициентов в различных сечениях зуба:

- в верхнем сечении $K_{z1} = t_1 l_{\delta} / b_{z1} l_z$;
- в среднем сечении $K_{z2} = t_2 l_{\delta} / b_{z2} l_z$;
- в нижнем сечении $K_{z3} = t_3 l_{\delta} / b_{z3} l_z$.

Значение индукции $B_{\delta \text{ном}} = B_{\delta 1}$ находим по значению D_a из графика на рис. 3, затем вычисляем магнитный поток (номинальный), приходящийся на один зуб и один паз, Вб,

$$\Phi_{\delta 1} = B_{\delta 1} t_1 l_{\delta}.$$

Фиктивные индукции, Тл, в трёх сечениях зуба находят по формулам:

- в верхнем сечении $B'_{z1} = \Phi_{\delta 1} / s_{z1}$;
- в среднем сечении $B'_{z2} = \Phi_{\delta 1} / s_{z2}$;
- в нижнем сечении $B'_{z3} = \Phi_{\delta 1} / s_{z3}$.

По значениям B'_{z1} , B'_{z2} , B'_{z3} определяем напряжённость магнитного поля в зубцовом слое по кривым намагничивания стали марок 1211, 1212 и по формуле Симпсона [1] находим, А/м:

$$H_{zcp} = (H_{z1} + 4H_{z2} + H_{z3}) / 6.$$

Находим магнитное напряжённость зубцовой зоны якоря, А:

$$U_{Mz} = h_z H_{zcp}.$$

Расчёт магнитных характеристик зубцовой зоны (магнитного потока, магнитной индукции, напряжённости магнитного поля, магнитного напряжённости) сначала проводится для значения основного магнитного потока $\Phi_{\delta}^* = \Phi_{\delta} / \Phi_{\deltaном} = 1,0$ Вб, затем пересчитывается последовательно для ряда значений $\Phi_{\delta}^* = \Phi_{\delta} / \Phi_{\deltaном} = 0,5; 0,75; 0,9; 1,0$ и $1,2$ Вб. Столбец значений магнитных характеристик для $\Phi_{\delta}^* = 1,0$ Вб является проверкой результатов расчёта.

От существующей программы «Ротор» система таблиц выгодно отличается тем, что программа Excel широко распространена и доступна; в Excel процесс расчёта представлен наглядно; на всех этапах вычисления возможно редактирование алгоритма расчёта; работать с таблицами Excel для студентов удобней, так как в учебную программу входит курс информатики, на котором они получают необходимые навыки; из программы Excel легко копировать результаты расчётов; в представленной таблице множество комментариев, которые координируют процесс вычисления; в программе представлены справочные данные в табличном и графическом виде. [2,3]

2. РАСЧЁТНЫЕ ФОРМЫ В СРЕДЕ EXCEL

В таблицу «Исходные данные» (рис. 3) на листе «РАСЧЁТЫ» вносятся параметры, приведённые в табл. 4 во вкладке «ТАБЛИЦЫ»; данные вносятся в голубые и розовые ячейки. Рядом с таблицей представлены комментарии к заполнению.

Наименование величины	данные	данные в листе
Диаметр якоря	D_a	228, 0,228
Активная длина якоря	l_a	300, 0,3
Число пар полюсов	p	2
Расчётный коэффициент полюсной дуги	$\alpha \delta$	0,72
Отношение	$t_{1/2z}$	3,3
Воздушный зазор	δ	2,2, 0,0022
Высота паза	h_z	34, 0,034
Высота главного полюса	h_m	71, 0,071
Коэффициент магнитного рассеяния	σ	1,23
Число пазов якоря	Z	25
Напряжение питания	U	330
Угловая скорость	n	1500
Значение магнитной проницаемости	μ_0	1,256E-06
	$K_{ст}$	0,98
Магнитная индукция серд. гл. полюса(1,4+1,6)	$B_{м.гол}$	1,5
Магнитная индукция спинки якоря(1,3+1,5)	$B_{с.гол}$	1,4
Магнитная индукция ярма(1,0+1,2)	$B_{я.гол}$	1,1
Значение индукции (находим по значению D_a из графика на рис. 1 на листе ГРАФИКИ)	$B_{\deltaном} = B_{z1}$	0,63

Рис. 3. Исходные данные

Значения параметров H_a, B_m, H_y находятся по таблицам, интегрированным ПО, и вносятся в

розовые ячейки (рис. 4); H_{z1}, H_{z2}, H_{z3} находятся по значениям B_{z1}, B_{z2}, B_{z3} . Таблицы П1, П2, П3 находятся на листе «ТАБЛИЦЫ». По умолчанию $B_m, B_a, B_y, H_a, B_m, H_y$ уже заданы.

На листе «РЕЗУЛЬТАТЫ» представлены итоги расчётов в виде таблицы (рис. 5) и графика кривой намагничивания $\Phi_{\delta} = f(F_f)$ (рис. 6), под таблицей располагается расчёт коэффициента насыщения магнитной цепи (выделен сиреневым цветом).

Для определения значений H_a, B_m и H_y следует воспользоваться таблицами намагничивания П1, П2, и П3, соответственно, приведенными во вкладке «ТАБЛИЦЫ» (при неизменных параметрах $B_{а.гол}, B_{с.гол}, B_{я.гол}$ ком. ком. изменить параметры H_a, B_m и H_y не нужно) По значениям B_{z1}, B_{z2}, B_{z3} определяем напряжённость магнитного поля в зуб-полюс слое. При $B_{z1} \leq 1,8$ Тл значения H_{z1} находим по таблице П1, а при $B_{z1} > 1,8$ Тл – по графикам на рис. 2, учитывая выделение поля в паз.

	Значение при Φ_{δ}^*				
	0,5	0,75	0,9	1	1,2
$B_{м.гол}$	0,75	1,125	1,35	1,5	1,8
$B_{с.гол}$	0,7	1,05	1,26	1,4	1,68
$B_{я.гол}$	0,55	0,825	0,99	1,1	1,32
H_m	100	320	430	700	4000
H_a	261	570	1010	1580	69800
H_y	443	720	911	1090	1670
H_{z1}	0,530122679	0,795184019	0,954220822	1,060245358	1,27229443
H_{z2}	0,704960317	1,057440476	1,268928571	1,409920635	1,69190476
H_{z3}	1,051875	1,5778125	1,893375	2,10375	2,5245
$H_{с1}$	183	315	450	558	1040
$H_{с2}$	264	505	1040	1640	7370
$H_{с3}$	570	3880	15000	30000	110000
H_{zcp}	301,5	1035,833333	3268,333333	6186,333333	23420

Рис. 4. Значения магнитной индукции

Наименование величины	Значение при Φ_{δ}^*					
	0,5	0,75	0,9	1	1,2	
Основной магнитный поток Φ_{δ} , Вб	0,012076	0,018114	0,021737	0,0241526	0,028983	
Магнитная индукция в воздушном зазоре (под сердечником полюса) $B_{z1}, Тл$	0,315	0,4725	0,567	0,63	0,756	
Магнитная индукция, Тл:						
В верхней части зуба B_{z1}	0,530123	0,795184	0,954221	1,060245	1,272294	
В средней части зуба B_{z2}	0,70496	1,05744	1,268929	1,4099206	1,691905	
В нижней части зуба B_{z3}	1,051875	1,577813	1,893375	2,10375	2,5245	
Магнитная индукция, Тл:						
В сердечнике главного полюса B_m	0,75	1,125	1,35	1,5	1,8	
В спинке якоря B_s	0,7	1,05	1,26	1,4	1,68	
В спинке ярма B_y	0,55	0,825	0,99	1,1	1,32	
Напряжённость поля в зубцовой зоне, А/м:						
H_{z1}	183	315	450	558	1040	
H_{z2}	264	505	1040	1640	7370	
H_{z3}	570	3880	15000	30000	110000	
$H_{zcp} = (H_{z1} + 4H_{z2} + H_{z3}) / 6$	301,5	1035,833	3268,333	6186,333	23420	
Напряжённость поля стальных участков, А/м:						
H_m	100	320	430	700	4000	
H_a	261	570	1010	1580	69800	
H_y	443	720	911	1090	1670	
Магнитное напряжение А:						
Воздушного зазора $U_{z1} = \delta \cdot B_{z1} / \mu_0$	1384,712	2077,067	2492,481	2769,4233	3323,308	
Зубцовой зоны якоря $U_{z2} = h_z \cdot H_{z2}$	20,502	70,43667	222,2467	420,67067	1592,56	
Активного слоя $U_{z3} = U_{z1} + U_{z2}$	1405,214	2147,504	2714,728	3190,094	4915,868	
Полюсов $U_{pm} = h_m \cdot H_m$	14,2	45,44	61,05	99,4	568	
Спинки якоря $U_{sa} = l_a \cdot H_a$	17,19754	37,55785	66,54987	104,10772	4599,189	
Спинки ярма $U_{sy} = l_y \cdot H_y$	78,92415	128,274	162,3023	184,19226	297,5244	
Стальных частей $U_{st} = U_{z3} + U_{pm} + U_{sa}$	110,3217	211,2719	289,9121	397,70032	5464,714	
МДС обмотки возбуждения на полюс, А	$F_f = \sum_{(i)} U_{st}$	1515,535	2358,776	3004,64	3587,7943	10380,58

Рис. 5. Итоги расчётов

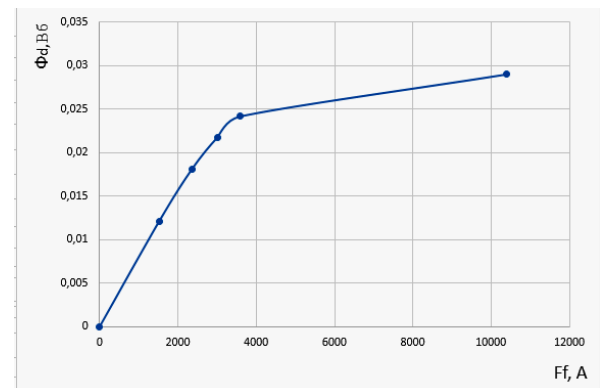


Рис. 6. Кривая намагничивания

Полученный коэффициент насыщения при $\Phi_{\delta}^*=1$ должен быть в пределах $K_H = 1,2 \dots 1,8$. Каждый студент может корректировать программу и наращивать её для других модулей (например, расчёт якорной обмотки).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Автоматизированный расчёт магнитной цепи в среде *Excel* является примером для самостоятельной разработки студентами локальных программ, используемых в лабораторных работах, контрольных работах, курсовых проектах. Такой подход обеспечит приобретение навыков в программировании, информатизации и автоматизации образовательного процесса при самостоятельной подготовке и в дальнейшем — переход к автоматизированному проектированию устройств, агрегатов, механизмов, систем управления. С целью ускорения процесса решения поставленной задачи в процессе изучения дисциплины и проверки правильности вычислений и создана программа «Расчёт магнитной цепи МПТ» в среде *Excel*. Такие разработки являются «кирпичи-

ками» для создания информатизированных комплексов по дисциплинам инженерного блока с использованием медиа- файлов и внедрением аппарата имитационного моделирования и адаптационных алгоритмов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кацман М.М.** Электрические машины: учебник для студ. образоват. учреждений сред. проф. образования. — 7-е изд., стер. М.: Издательский центр «Академия», 2007.
2. **Буштрук Т.Н., Царыгин М.В., Буштрук А.А.** Программный расчётно-обучающий комплекс по электротехническим устройствам «Электра» // Наука и инновации в технич. университетах: материалы 7-го Всерос. форума студентов, аспирантов и молодых ученых. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. С. 219—221.
3. **Буштрук Т.Н., Кленюшин Д.С., Царыгин М.В.** Программный комплекс для расчёта электротехнических устройств «Электра». Свидетельство № 2011614642, 10 июня 2011 г.

V.V. Veshkin, T.N. Bushtruk, V.A. Smirnov

Vadim.veshkin@mail.ru

Samara State University of Transport, Samara

LOCAL INFORMATIZATION OF THE ENGINEERING SUBJECT – MAGNETIC CIRCUIT CALCULATION OF DC MACHINE WITH USE EXCEL

SUMMARY

Local software for informatization of the engineering block subjects is considered. Program for calculation of magnetic circuit for constant current engine is described in the paper. Software for calculating the magnetic circuit of the DC machine is presented in the paper. Software is made in Excel. User interfaces consist of the main stages of the calculation sections of the magnetic circuit, reference information in tabular and graphical forms, in the form of an array. The program provides an opportunity to edit input information; embedded multimedia files, explaining the structure and principle of action of DC machine.

УНИВЕРСАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОКОВ УТЕЧКИ И ТОКОВ РАСТЕКАНИЯ ПО ЭЛЕМЕНТАМ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ОПОР

АННОТАЦИЯ

Данный доклад посвящён разработке универсальной математической модели для исследования токов утечки и токов растекания по элементам высоковольтных опор. Проведён анализ существующих разработок в данной области. В результате разработана универсальная модель и проведены экспериментальные исследования, подтверждающие её адекватность.

ВВЕДЕНИЕ

Протяжённость высоковольтных линий электропередач (ВЛЭП) в Республике Казахстан превышает 23 тыс. км, причём их большая часть пролегает вне населённых пунктов. Любая авария приводит к перебоям электроснабжения целых регионов республики. Передача электроэнергии на ВЛЭП сопровождается потерями. В процессе эксплуатации элементы конструкции опор ВЛЭП, расположенные под землёй, контактируют с различными средами: грунтом, водой, воздухом и, кроме того, подвергаются воздействию блуждающих в грунте токов, наводимых токоведущими элементами ВЛЭП. В связи с наличием дрейфующих ионов в грунте, вызванных утечками и электромагнитными полями ЛЭП, возникают процессы электрохимической коррозии, что приводит к активному разрушению металла и железобетона, и соответственно элементов опор ВЛЭП.

Одной из важнейших причин электрохимической коррозии является характер и величины токов утечки по элементам опоры и токи растекания в почве, вызываемые наведёнными электромагнитными полями.

На потери электроэнергии также влияют токи утечки по элементам опор.

Проведённый анализ не выявил наличие моделей, описывающих влияние токов утечки и токов растекания на элементы конструкции опор ВЛЭП [1—4].

В то же время существует необходимость разработки универсальной модели распределения токов утечки по конструктивным элементам опор ВЛЭП для анализа потерь на опорах, а также токов растекания в почве.

Для разработки модели воспользуемся классическими методами теоретических основ электротехники [5, 6]. Преимуществом этих методов является их универсальность, поэтому они могут быть применены для любой конструкции опор.

1. РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

В качестве объекта исследования рассмотрим опоры высоковольтных линий электропередач.

Из проведённого сравнительного анализа установлено, что наиболее подходящий метод составления уравнений и последующего расчёта — метод контурных токов, поскольку он позволяет сократить количество уравнений и упростить расчёт.

Рассмотрим высоковольтную опору ПБ–500.

Опора ВЛЭП portalного типа с шарнирно закреплёнными у фундаментов и траверсы стойками и вынесенными из плоскости портала оттяжками. Стойки и траверсы представляют собой либо металлические фермы, либо полые железобетонные трубы. Оттяжки выполняются либо из гибкого стального троса, либо из круглой низколегированной стали. Оттяжки опор ВЛ 500 кВ выполняются из двух гибких стальных тросов, свитых между собой.

Схема замещения высоковольтной опоры типа ПБ–500 представлена на рис. 1.

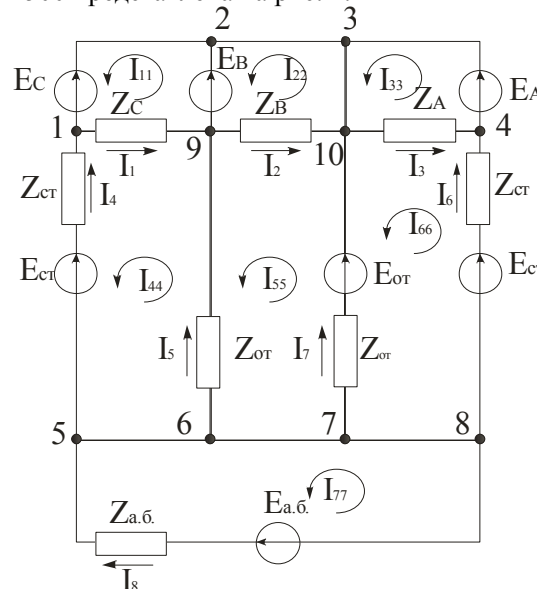


Рис. 1. Схема замещения опоры ПБ-500: E_A, E_B, E_C — источники ЭДС от фаз А, В, С соответственно; $Z_A, Z_B, Z_C, Z_{ст}, Z_{от}, Z_{а.б}$ — суммарные сопротивления элементов, входящих в контур

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОДЕЛИ

За основу расчёта источников ЭДС для контуров 11—33 (см. рис. 1) был взят метод, приведённый в статье Тамазова А.И. [7].

Расчёт проводился по данным, полученным из справочных и технических характеристик высоковольтной опоры ПБ-500. Согласно расчёту в контуре наводится ЭДС, равная $42,7 \cdot 10^4$ В. Удельное сопротивление воздуха принято 10^7 Ом·м.

Таким образом, по предварительным расчётам ток, протекающий в данных контурах, находится в пределах 40—50 мА.

Были проведены эксперименты на участке линии Нура—Агадырь напряжением 500 кВ. Эксперимент заключался в измерениях наведённых токов, протекающих по тросовым оттяжкам опоры.

В результате эксперимента с помощью амперметра клещевого типа были определены токи в контуре, образуемом верхней траверсой опоры и оттяжками (контур 11—33 на рис. 1).

Расхождение между рассчитанной величиной токов и полученной экспериментально составило 15—20 %, что подтверждает адекватность разработанной модели с точностью, достаточной для инженерных расчётов.

В процессе эксперимента с помощью тепловизора исследован нагрев конструктивных элементов опор, что является косвенным свидетельством дополнительных потерь.

При этом по разнице температур выявлено наличие замкнутых электромагнитных контуров, образуемых конструктивными элементами опоры. Эти контуры соответствуют расчётным, выделенным в модели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, данная модель позволяет:

- описать характер и величины токов утечки по всем элементам опоры;
- выявить взаимодействие токов утечки и токов растекания в почве на элементах опоры, расположенных под землей;

- выявить наиболее уязвимые элементы опор, подверженные электрохимической коррозии;

- разработать рекомендации по изменению конструкции опоры для минимизации токов утечки.

Аналогичная модель может быть разработана для любой конструкции опоры. Она позволяет рассчитать параметры управляемых выпрямителей блоков катодной защиты, размещаемых на опорах.

Разработанная модель универсальна и применима для комплексного анализа распределения токов утечки по элементам опоры. Это позволяет выявить возможные замкнутые контуры протекания токов от наводимых электромагнитных полей и разработать рекомендации по изменению конструкции опор, обеспечивающим снижение потерь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлов М.И., Разумов Л.Д. Электромагнитное влияние линий высокого напряжения на подземные трубопроводы и меры защиты // Труды ВНИИСТ. 1962. Вып. 13. С. 96—199.
2. Толстая М.А., Иоффе Э.И., Потемкинская И.В. Влияние переменного тока промышленной частоты на электрокоррозию стали // Газовое дело. № 3. ЦНИИЭНефтегаз, 1963. С. 3—17.
3. Толстая М.А., Иоффе Э.И., Потемкинская И.В. Электрохимическая коррозия стальных подземных сооружений переменным током промышленной частоты // Газовое дело. № 3. ЦНИИЭНефтегаз, 1964. С. 19—26.
4. Захаров А.А., Попов В.В., Николашкин С.В. Разработка математической модели и рекомендаций по надёжной эксплуатации ВЛ-110 кВ на участке «Якутск-Чурапча-Хандыга» // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Амосова. 2005. Т. 2. № 4. С. 94—99.
5. Иванова С.Г., Новиков В.В. Теоретические основы электротехники. Версия 1.0 [Электронный ресурс]: конспект лекций / Электрон. дан. (4 Мб). Красноярск: ИПК СФУ, 2008.
6. Корнилов Г.П. Теоретические основы электротехники: Конспект лекций. Ч. 1. Магнитогорск: МГТУ, 2003. 133 с.
7. Тамазов А.И. Корона на проводах воздушных линий переменного тока. М: Спутник, 2002. 318 с.

S.V. Voytkovich, I.V. Breido, V.V. Kaverin

sofiya_v@mail.ru; jbreido@mail.ru; kaverinkz@inbox.ru
Karaganda State Technical University «KSTU», Karaganda

UNIVERSAL MODEL FOR THE STUDY OF LEAKAGE CURRENTS AND CURRENTS SPREADING ON ELEMENTS OF HIGH-VOLTAGE SUPPORTERS

SUMMARY

This report is dedicated to the development of universal mathematical model for the study of leakage currents and spreading the elements of high-voltage supports. The analysis of existing research in this area. As a result, we developed a model and experimental studies confirming its adequacy.

ВНЕДРЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ДВИЖЕНИЯ ЗЕМЛЕРОЙНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН ДЛЯ РАЗРАБОТКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИХ РАБОТОЙ

АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты, полученные при внедрении ИТ-технологий для проектирования систем управления движением землеройно-строительных машин.

ВВЕДЕНИЕ

В технических вузах мира информационные технологии применяются достаточно широко не только для инженерных расчётов, но и для проектирования тех или иных промышленных машин, устройств или систем. Алматинский университет энергетики и связи также активно внедряет ИТ-технологии по подавляющему большинству профильных дисциплин своих технических специальностей.

1. РАЗРАБАТЫВАЕМАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И ЕЁ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Основой предлагаемой автоматизированной системы управления работой землеройно-строительных машин является технология GPS (Global Positioning System). Оснащение машин, работающих на горнодобывающих предприятиях, аппаратурой, включающей GPS-приёмники, позволит с достаточной точностью в реальном масштабе времени определять положение и скорость каждой из них. Координаты, скорость, а также другая цифровая информация, отображающая требуемые параметры состояния элементов оборудования (например, загрузку кузовов самосвалов), автоматически передаются в диспетчерский пункт горнодобывающего предприятия с использованием радиосвязи (до серверной) и локальной вычислительной сети (до диспетчерского пункта). Серверная, оснащённая радиооборудованием, средствами компьютерной техники и специальным программным обеспечением, автоматически принимает и обрабатывает поступающую информацию.

Разработанная автоматизированная система управления движением землеройно-строительных машин будет представлять собой комплекс технических и программных средств, входящих в состав рабочего места диспетчера и машиниста оператора.

Разработанная автоматизированная система управления движением землеройно-строи-

тельных машин сможет предоставлять ещё ряд дополнительных возможностей:

1) автоматическое, глобальное, всепогодное определение местоположения карьерных автосамосвалов, экскаваторов и бульдозеров;

2) автоматический режим передачи пакета данных (координаты X, Y, Z, t ; технические и технологические параметры отслеживаемого объекта при наличии соответствующих датчиков) на диспетчерский пункт в цифровом формате;

3) мониторинг подвижных объектов на дисплее компьютера;

4) статистическая обработка данных, полученных от подвижных объектов;

5) количество подвижных объектов, за которыми ведётся наблюдение с помощью одного модуля — до 20 автосамосвалов и экскаваторов;

6) частота обновления пакета данных — 15 с для автосамосвалов и 240 с для экскаваторов;

7) максимальная погрешность определения места нахождения отслеживаемых объектов — не более 1 м;

8) использование автономных бортовых источников питания подвижных (отслеживаемых) объектов;

9) рабочая зона — 10 км в радиусе при условии прямой радиовидимости.

Структурная схема автоматизированной системы управления движением землеройно-строительных машин приведена на рис. 1.

Представленная на рис. 1 серверная состоит из следующих основных частей:

- 1) компьютера;
- 2) радиомодема;
- 3) приемной антенны;
- 4) сетевого оборудования.

Компьютер. В результате проведённых исследований определены необходимые параметры компьютера для нормального функционирования рабочего места диспетчера. Необходимо использование компьютера, имеющего минимальные характеристики: P IV-2000 МГц, ОЗУ 2 Гб, GF3 64 Мб, на жёстком диске свободное место не менее 10 Гб, Монитор не менее 19", сетевой адаптер, ОС Windows 7 или выше, MS office 2010 или выше, ИБП со сроком сохранения работоспособности не менее 3 ч (UPS 3000VA Smart APC).

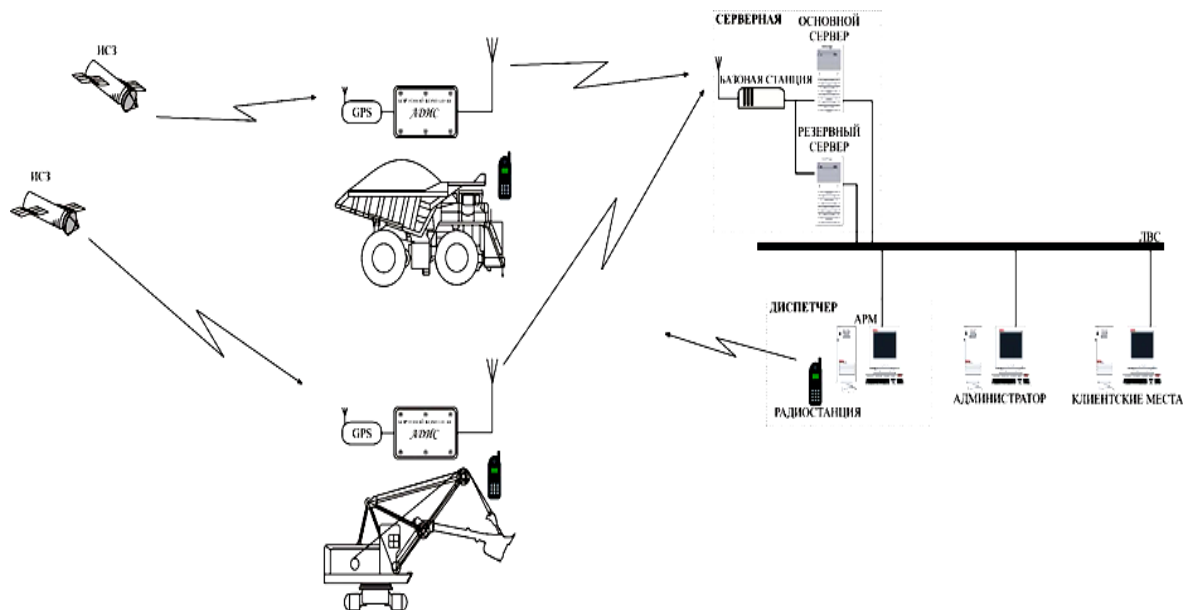


Рис. 1. Структурная схема системы автоматизированной системы управления движением землеройно-строительных машин

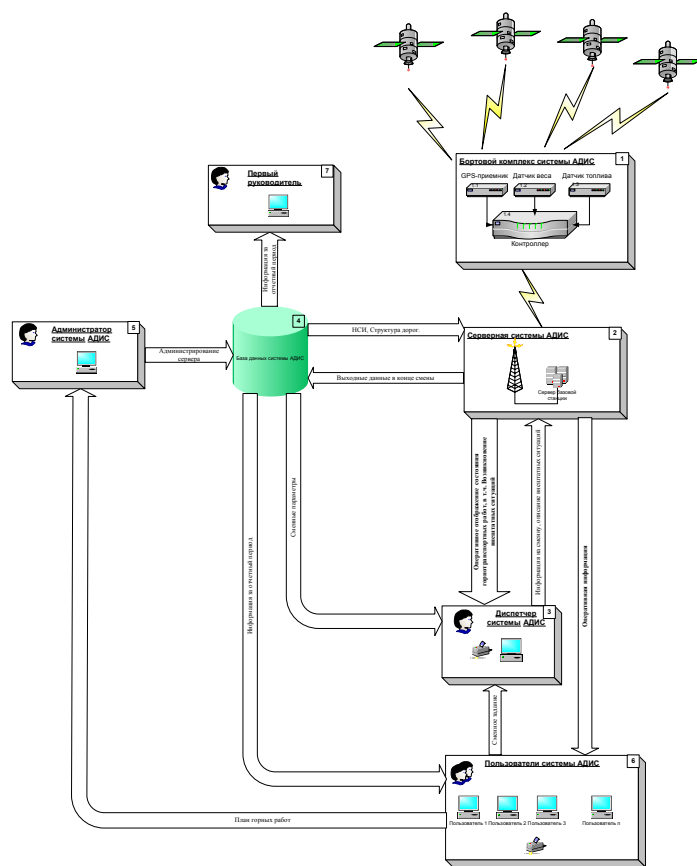


Рис. 2. Структура информационных потоков

Радиомодем предлагается пакетный, работающий с необходимым для функционирования системы протоколом обмена информацией. Принимает с наблюдаемых объектов горно-транспортной системы закодированные сигналы о положении и параметрах оборудования в соответствии с заданным протоколом LACP GPS. Расшифровывает принятые сигналы согласно

протоколу обмена информацией LACP GPS и передает в порт компьютера.

Приёмная антенна. Для устойчивого приёма радиосигнала достаточна обычная штывевая антенна, устанавливаемая на возвышенное место (крышу диспетчерского пункта).

Вся информация, циркулирующая в автоматизированной системе управления движением зем-

леройно-строительных машин, будет делиться на следующие категории:

- 1) первичная информация (первичные данные);
- 2) статистические данные;
- 3) производная (отчётная) информация (производные данные);
- 4) нормативно-справочная информация (дополнительные данные).

Структура информационных потоков автоматизированной системы управления движением землеройно-строительных машин представлена на рис. 2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дальнейшее развитие и применение данных наработок по предлагаемой автоматизированной сис-

теме управления движением землеройно-строительных машин в профильных дисциплинах инженерных специальностей позволит улучшить качество преподавания дисциплин, приобщить студентов к научным исследованиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Kayim T.T., Golubeva T.V., Kaiymov S.T.** Mathematical and computer modeling of movement of the executive mechanism of the adaptive multipurpose operating part of earth-moving and construction machine // The IRES — 12th International Conference on Innovative Engineering Technologies (ICIET). Prague, September 27th 2015.
2. **Генике А.А., Побединский Г.Г.** Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и её применение в геодезии. М.: Картогеоцентр, 2004.

T.V. Golubeva

ya_nepovtorimaya@mail.ru

Almaty University of Power Engineering & Telecommunications, Алматы, Казахстан

IMPLEMENTATION OF INFORMATION TECHNOLOGY IN THE DESIGN OF TRAFFIC EARTH-CONSTRUCTION MACHINES FOR THE DEVELOPMENT OF AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF WORK

SUMMARY

The paper presents the results obtained in the implementation of IT technologies for the design of traffic management systems earthmoving and construction machines.

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

АННОТАЦИЯ

В работе рассмотрены возможности применения компьютерных технологий при проектировании холодильного оборудования в процессе обучения студентов, в учебно-научно-производственном комплексе, созданного на базе кафедры холодильной и торговой техники ДонНУЭТ и ПАО «Группа «НОРД».

ВВЕДЕНИЕ

Изготовление конструкторской и технологической документации, которая отвечает современным требованиям к качеству, точности и времени выполнения, невозможно без использования компьютерной техники. Компьютерные технологии не только позволяют использовать универсальные возможности машинной графики, и имеют широкие возможности в сфере двухмерных графических построений, но и являются гибким, надёжным инструментом построения трёхмерных моделей. Такой подход к проектированию даёт прикладную реализацию конструкторским и дизайнерским идеям, стимулируют творческий подход. Применение современных методов проектирования позволяет повысить качество холодильного оборудования, сократить срок от проектирования до внедрения его в производство.

1. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ И ЦЕЛИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ХОЛОДИЛЬНОГО И ТОРГОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Выполнение практических работ с использованием программного обеспечения и компьютерных технологий составляет важную часть профессиональной подготовки студентов. Они направлены на практическое подтверждение изучаемых студентами теоретических положений, профессиональных компетенций и прикладных навыков.

Цель работы — осветить последовательность в изучении компьютерных технологий, методики расчёта и компьютерного проектирования холодильного и торгового оборудования будущими инженерами-механиками в процессе обучения и дипломирования.

Перед преподавателями высших учебных заведений технических специальностей стоит задача в подготовке инженерных кадров, конкурентоспособных на рынке труда.

Реализация современных систем холодноснабжения требует новых нестандартных решений. Поэтому знание принципов действия современных холодильных систем, умение ориентироваться в монтажных и принципиальных схемах, способность профессионально рассчитать основные характеристики работы холодильного оборудования, умение его подобрать, рассчитывать его энергетическую эффективность и т.д. требуют увеличения практических занятий и внедрения современных подходов в организации подготовки инженерных кадров.

2. МЕТОДИКА РАСЧЁТА И КОМПЬЮТЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ХОЛОДИЛЬНОГО И ТОРГОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Методику расчёта и компьютерного проектирования холодильного и торгового оборудования приведём на примере программного пакета AutoCAD.

В зависимости от номера варианта студент выбирает следующие параметры холодильника: внутренний объём, температура окружающего воздуха, температура в холодильной камере, количество продукта, масса продукта, количество камер.

При помощи команды «Прямоугольник» вырисовываем внутренний шкаф бытового холодильного прибора (БХП). Он имеет заданную высоту и заданную глубину. Для БХП двух- или трёхкамерного расчётная высота находится в пределах 1,3...1,9 м. Расстояние между внутренней и наружной поверхностями БХП не одинаково. Это связано с различной толщиной термоизоляции бытового холодильного прибора.

Решения данной задачи рекомендуется выполнять в следующей последовательности.

При помощи команды «Подобие» вырисовывается прямоугольник, стороны которого равноудалены от всех сторон внутреннего шкафа. Значение этого удаления изначально можно принять равным 50 мм. Затем при помощи команды «Расчленишь» разбиваем наружный прямоугольник на отдельные отрезки. Перемещаем их на соответствующие расстояния, равные толщинам стенок. Это можно осуществить при помощи команды «Переместить». Затем разомкнутый контур наружного шкафа необходимо соединить.

Следующим этапом является прорисовка компрессорной ниши. Благодаря этой нише компрессор помещается в нижнюю часть холодильного прибора, не выходя за его габариты. Для проектирования данного элемента необходимо знать габаритные размеры компрессора, который будет установлен в проектируемый БХП. Их можно узнать по окончанию теоретического расчёта и подбора элементов холодильной машины. Определив марку компрессора по расчётной холодопроизводительности или по объёму, описываемому поршнями, определяем габаритные размеры компрессора.

Следующим этапом является прорисовка внутренних и наружных поверхностей шкафа.

В верхней части проектируемого БХП находится элемент, в котором расположены приборы автоматики и управления работой холодильной машины — сервировочная плоскость. На профильном виде этот элемент изображается в виде прямоугольника. Сервировочная плоскость выходит за габариты задней стенки БХП, защищая конденсатор от повреждения при перемещениях.

При помощи двух коротких вертикальных отрезков, проведённых из верхней правой и нижней правой точек внутреннего шкафа вверх и вниз соответственно, отделяем дверь холодильного прибора от всей конструкции.

Внутренний шкаф холодильника имеет направляющие для установки подвесных полок в охлаждаемом объёме. В однокамерных и двухкамерных холодильниках с верхним расположением морозильной камеры имеются контейнеры для хранения овощей и фруктов. Конструирование этих элементов осуществляется в зависимости от габаритных размеров холодильной камеры.

Готовые изделия, как правило, не имеют острых углов, что связано с технологическими особенностями производства и эргономическими требованиями. Поэтому одним из последних этапов проектирования шкафа является прорисовка сопряжений (при помощи одноимённой команды).

Штриховка на разрезах наносится при помощи команды «Штриховка». Для этого в диалоговом окне проводим выбор типа, шаг, угол наклона штриховки, а также способ заполнения объекта.

Проектирование холодильного агрегата начинают с конденсатора. Габаритные размеры конденсатора определяют расчётным путём на основе расчёта величины теплопередающей поверхности.

Изображение теплопередающей поверхности змеевика конденсатора представляет собой две вертикальные линии, расположенные на расстоянии от 4 до 6 мм друг от друга. Высота этих линий на 400 мм меньше полной высоты БХП. Копируем нарисованные линии в горизонтальной плоскости с шагом 40...60 мм. При помощи команды «Сопряжение» делаем змеевик замкнутым. Изображаем в верхней части конденсатора горизонтальное ребро заданного размера. Созда-

ем линейный вертикальный массив (команда «Массив») со следующими параметрами: число строк 150, число столбцов 1, расстояние между строками минус 8, расстояние между столбцами 0, выбранным объектом является горизонтальное ребро. В однокамерном холодильном приборе, как правило, применяют листотрубные испарители. Они устанавливаются на задней стенке внутреннего шкафа или между задней стенкой внутреннего шкафа и термоизоляцией (ППУ). Геометрические размеры этого теплообменного аппарата определяется расчётным путём.

Если холодильный прибор двухкамерный с верхним расположением морозильной камеры, применяем О-образный испаритель, который располагается по контуру морозильной камеры. В случае нижнего расположения морозильной камеры применяют испаритель листотрубной конструкции, который одновременно является полками.

В завершающей стадии проектирования необходимо начертить соединительные трубопроводы, провода электропроводки, пускозащитное реле и патрубков для слива талой воды, провести масштабирование и компоновку листа в соответствии с необходимым форматом.

Расчёты теплопритоков, поступающих во внутрь охлаждаемого объёма, и расчёты основного холодильного оборудования студентами выполняются при помощи Microsoft Office Excel (рис. 1).



Рис. 1. Расчёт теплопритоков, поступающих в охлаждаемый объём при помощи Microsoft Office Excel

3. ОБУЧЕНИЕ СТУДЕНТОВ КОМПЬЮТЕРНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

На кафедре холодильной и торговой техники ДонНУЭТ ежегодно не менее шести дипломных работ выполняются по заказу ПАО «Группа «НОРД» с элементами научной новизны и практическим внедрением. Выполнение реальных вы-

пусковых квалификационных работ (ВКР), магистерских работ — реализация одного из пунктов Положения о функционировании учебно-научно-производственного комплекса, созданного на базе кафедры холодильной и торговой техники ДонНУЭТ и ПАО «Группа «НОРД».

Защита выпускных квалификационных работ бакалавра и защита магистерской работы — завершающая стадия учебного процесса. В процессе выполнения работы студенты должны проявить знания и навыки, приобретённые за годы обучения в университете. Отличительной особенностью работ, выполненных по заказу ПАО «Группа «НОРД», является использование современных компьютерных технологий при их выполнении. Обучение студентов компьютерным технологиям начинается с первого курса. Сначала они изучают дисциплины, преподаваемые кафедрой компьютерных технологий: программное обеспечение Windows, Microsoft Office Word, Excel, на кафедре общинженерных дисциплин изучают программное обеспечение «Компас» (рис. 2).

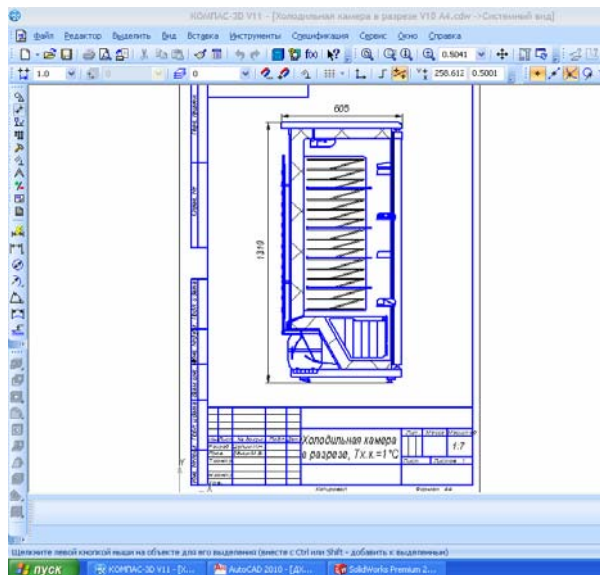


Рис. 2. Разрез холодильного прибора выполненный в программной среде КОМПАС

Многие курсы, читаемые другими кафедрами, также компьютеризированы. К четвертому курсу студенты владеют навыками работы с программным обеспечением CorelDRAW и др. В седьмом семестре происходит распределение студентов по выпускающим кафедрам. Студентам, распределенным на кафедру холодильной и торговой техники, читается курс «Компьютерное проектирование холодильного оборудования» где они изучают программный пакет AutoCAD. При изучении этого курса студенты получают знания и навыки, позволяющие осуществлять рациональный расчёт и подбор холодильного оборудования, выполнять проектирование его структурных частей. С помощью программы AutoCAD будущие

инженеры-механики создают двухмерное изображение проектируемых холодильных приборов (рис. 3).

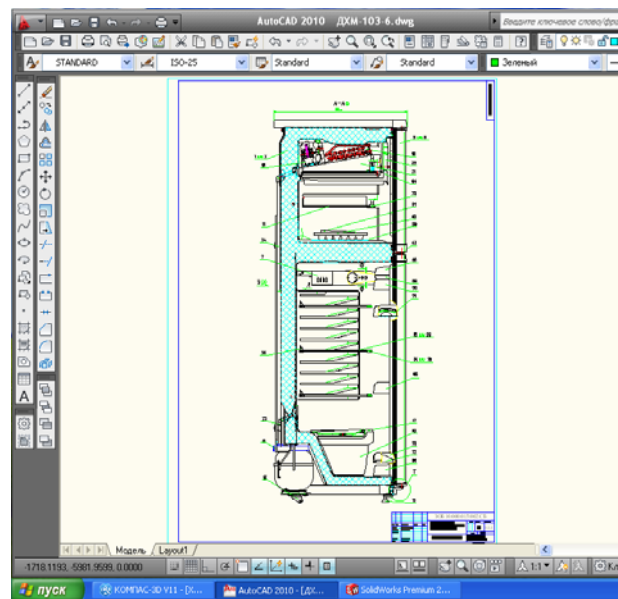


Рис. 3. Разрез холодильного прибора, выполненный в программной среде AutoCAD

4. ПОСТРОЕНИЕ ТРЁХМЕРНЫХ 3D МОДЕЛЕЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ДИПЛОМИРОВАНИЮ

Ещё при изучении курса «Компьютерное проектирование холодильного оборудования» проводится отбор группы студентов для подготовки дипломных проектов в ПАО «Группа «НОРД». Главным критерием при отборе является достаточная теоретическая подготовка кандидатов и, что не менее важно, желание продолжать обучение компьютерным технологиям в конструкторском отделе предприятия. Каждому студенту предлагается решить какую-нибудь практическую задачу по проектированию, модернизации бытового и торгового холодильного оборудования, их структурных элементов. Перспективными являются также темы выпускных квалификационных работ бакалавра по проектированию автономных систем кондиционирования воздуха.

После получения диплома бакалавра многие студенты изъявляют желание продолжить обучение в магистратуре, где они получают возможность прослушать курс и изучить дисциплину «Компьютерные технологии в машиностроении». При изучении данной дисциплины используется программный пакет SolidWorks для построения трёхмерных 3D моделей (рис. 4).

Защита магистерских работ происходит в конференц-зале предприятия. Кроме членов государственной экзаменационной комиссии при этом присутствуют руководители ПАО «Группа «НОРД», Донецкого университета экономики и торговли, представители средств массовой ин-

формации. Студенты-выпускники сообщают о своих инженерных решениях исследовательского характера, отвечают на вопросы требовательной аудитории.

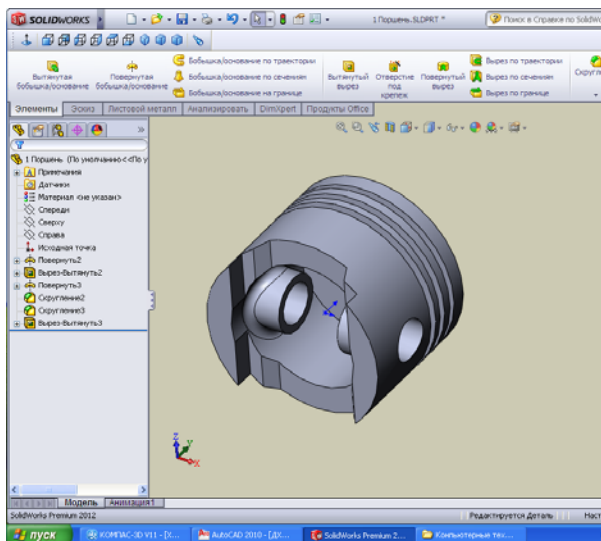


Рис. 4. Построение трёхмерной 3D модели поршня компрессора холодильной машины при помощи программной среды SolidWorks

После подведения итогов защиты председатель государственной экзаменационной комиссии объявляет её итоги и вручает каждому студенту аттестат об окончании курса компьютерных технологий. Примечателен тот факт, что после получения диплома о высшем образовании, подготовленные специалисты трудоустраиваются в различные подразделения ПАО «Группа «НОРД».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, выполнение выпускных квалификационных работ бакалавра и магистерских работ по заданию ПАО «Группа «НОРД» не только поднимает на более качественный уровень подготовку выпускников кафедры холодильной и торговой техники Донецкого национального университета экономики и торговли, но и решает вопросы обеспечения высококвалифицированными кадрами передового предприятия машиностроения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ландык В.И., Горин А.Н.** Белая книга о бытовых холодильниках «НОРД». Донецк: Издательство «Донбасс», 2013. 942 с.
2. **Моделирование** рабочих процессов холодильного оборудования: учебник / А.Н. Горин, К.А. Ржесик, Д.К. Кулешов, В.Г. Приймак. Донецк: ДонНУЭТ, 2015. 179 с.
3. **Ландык В.И., Горин А.Н.** Холодильные приборы NORD (устройство и ремонт). Донецк: Норд-Пресс, 2009. 268 с.
4. **Левицкий В.С.** Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей. М.: Высшая школа, 2006. 429 с.
5. **SolidWorks 2007/2008.** Компьютерное моделирование в инженерной графике / А.А. Алямовский, А.А. Собачкин, Е.В. Одинцов и др. СПб.: БХВ-Петербург, 2008. 1040 с.
6. **Алямовский А.А.** Инженерные расчёты в SolidWorks Simulation. М.: ДМК Пресс, 2010. 464 с.
7. **Дёмин М.В., Брюшков Р.В., Кулешов Д.К.** Компьютерное проектирование холодильного и торгового оборудования: методические указания по выполнению лабораторных работ. Донецк: ДонНУЭТ, 2015. 37 с.

A. Gorin, M. Demin, R. Briushkov, D. Kulieshov

demin.m@mail.ru

Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhail Tugan-Baranovsky, Donetsk, Ukraine

ABOUT ESPECIALLY THE USE OF COMPUTER TECHNOLOGIES IN REFRIGERATION DESIGN

SUMMARY

The paper discusses the possibility of using computer technology in the design of refrigeration equipment in the learning process of students in the educational-scientific-industrial complex created at the Department of Trade and refrigeration equipment DonNUET and PAO «Group «Nord».

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ИНЖИНИРИНГА

АННОТАЦИЯ

В докладе рассматриваются главные тенденции развития систем компьютерного инжиниринга. Кратко описаны основные возможности применения систем компьютерного инжиниринга в жизненном цикле изделия, перечислены основные программные продукты. В докладе приведены основные тенденции развития программных средств инженерных расчётов и анализируются причины возникновения некоторых из них.

ВВЕДЕНИЕ

За последние тридцать лет процесс промышленного производства претерпел сильные изменения. Компьютерное моделирование, ранее применяемое только в редких случаях и лишь в особо сложных задачах, сейчас благодаря стремительному росту вычислительных мощностей присутствует на всех этапах жизненного цикла изделия. Сегодня создание современного конкурентоспособного продукта немислимо без использования инженерных программ.

1. КОМПЬЮТЕРНЫЙ ИНЖИНИРИНГ В СОВРЕМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Одной из главных технологий, обеспечивающих конкурентоспособность нового продукта, является компьютерный инжиниринг (Computer-Aided Engineering — CAE). Появление на рынке программного обеспечения современных CAE- и CAD-систем (Computer-Aided Design) позволило ускорить процессы проектирования и исследования изделий. Исследование характеристик изделий занимает значительное время, поскольку подразумевает изготовление рабочего прототипа и выполнения длительных испытаний. Использование CAE-систем в инженерных расчётах снижает затраты на производство в целом, так как позволяет определить слабые места конструкции ещё на раннем этапе, до изготовления опытного образца. Имитационное моделирование свойств объекта и реальных физических процессов с высоким уровнем адекватности — основная задача CAE-систем [1].

В основе большинства CAE-систем лежит метод конечных элементов (МКЭ; Finite Element Analysis, FEA). К таким программным системам относятся следующие программные продукты: ANSYS, MSC Software, SAMSEF, COSMOS, LS-DYNA и др. С момента своего появления численный метод не претерпел значительных изменений, однако программные продукты на его ос-

нове совершенствовались, непрерывно расширяя спектр решаемых задач [2]. Для решения задач механики жидкости и газа используют метод конечных объёмов. Наиболее широкими возможностями в данных дисциплинах обладают программные системы ANSYS CFX, ANSYS Fluent, STAR-CD.

В 2006 году аналитическая компания Daratech опубликовала прогноз, согласно которому главной движущей силой PLM-рынка (Product Lifecycle Management) в ближайшее десятилетие, т.е. в 2007—2016 гг., будет CAE-сегмент, так как именно эффективное внедрение и применение CAE-технологий — центрального и наиболее наукоёмкого компонента PLM-технологий — будет определять долгосрочные конкурентные преимущества ведущих промышленных фирм [1].

2. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ CAE-СИСТЕМ

Одна из главных и самых заметных для рядового пользователя тенденций — упрощение программного интерфейса. CAE-системы с каждым годом становятся удобнее и нагляднее в применении, обладая при этом широким спектром возможностей визуализации результатов в постпроцессоре. Достаточно упомянуть анимацию результатов расчёта сложных физических процессов. Такой подход позволил в значительной степени упростить работу с программой.

Вместе с тем происходит укрупнение: несколько отдельных CAE-систем объединены в одном программном комплексе, позволяющем проводить разные физические расчёты. Примером может служить программный комплекс ANSYS Workbench, в который входит несколько десятков отдельных программных модулей. Важно заметить, что приобретение программных CAE-систем других разработчиков и объединение их в одном продукте позволило компании ANSYS занять лидирующую позицию на рынке.

Прямым следствием такого подхода является появление возможности проведения мультидисциплинарных расчётов (Multyphysics solutions). Результаты решения одного расчёта учитываются при проведении следующего. Таким образом, стал возможен переход от отдельных дисциплин, например от механики, теплопроводности и электромагнетизма, к мультидисциплинарному расчёту.

Замечена тенденция к объединению CAD- и CAE-систем в одном программном комплексе, причём эта тенденция носит встречный характер.

В одной из самых популярных CAD-программ, SolidWorks, появилась возможность проводить статические прочностные и тепловые расчёты. Решение задач происходит методом конечного элемента по созданной в соседнем окне геометрической модели. С другой стороны, ANSYS — тяжёлый CAE-комплекс с практически неизменным с момента создания интерфейсом. Около пяти лет назад ANSYS изменил свою основную концепцию, выпустив программный комплекс ANSYS Workbench, объединяющий в себе несколько десятков модулей компьютерного инжиниринга и CAD-редактор. Более тесное и непрерывное взаимодействие CAE- и CAD-систем легло в основу концепции Simulation-Based Design — компьютерного проектирования продукции с учётом результатов конечно-элементного моделирования.

Следующая тенденция — это проведение многомодальных и многовариантных расчётов. Подобные расчёты применяются в целях создания новых конкурентоспособных продуктов, поиска оптимальных характеристик в кратчайшие сроки. Объём проводимых расчётов может исчисляться сотнями и даже тысячами. Эта тенденция сильно связана с НРС-концепцией (High Productivity Computing), когда параллельно решаются несколько вариантов задач, или, возможно, разных задач из разных отраслей промышленности, причём все задачи решаются на линейных участках зависимости «ускорение от распараллеливания как функция от числа используемых ядер суперкомпьютера», что обеспечивает практически 100 %-ную загруженность суперкомпьютера [1].

Отметим появление концепций «цифрового прототипа» и «цифрового производства» (Digital Mock-Up / Digital Manufacturing). Применение концепций позволяет исключить из процесса производства создание прототипа изделия. Вме-

сто него используется трёхмерная модель изделия, позволяющая моделировать любые условия эксплуатации и изменять характеристики изделия. Однако тут возникает вопрос верификации результатов компьютерного моделирования.

С ростом объёмов вычислений, генерации большого количества выходных данных возникла проблема структурирования этих данных и организации хранения и санкционированного доступа к этой информации. Решить подобные задачи призваны системы управления расчётными данными и процессами (Simulation Process & Data Management).

Последняя и, возможно, наиболее значимая в будущем тенденция — это развитие облачных вычислений (Cloud computing). Концепция подразумевает обеспечение удалённого доступа к вычислительным центрам для решения задач компьютерного инжиниринга. Таким образом, для проведения расчётов исчезнет необходимость в покупке собственного дорогостоящего вычислительного кластера.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение информационных технологий позволяет в кратчайшие сроки создавать конкурентоспособные изделия, упрощая процесс проектирования и разработки. Рассмотренные тенденции позволяют нам судить об усилении роли CAE-систем в производстве. Компьютерный инжиниринг сегодня используется практически на каждом этапе производства и во многом формирует будущий облик изделия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Компьютерный инжиниринг** / А.И. Боровков, С.Ф. Бурдаков, О.И. Клявин и др. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2012.
2. **Сабоннадьер Ж.К., Кулон Ж.Л.** Метод конечных элементов и САПР / М.: Мир, 1989.

A.Y. Grishakov

Ya-dgr@yandex.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

MODERN TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF SYSTEMS COMPUTER ENGINEERING

SUMMARY

The report analyses the main trends in the development of systems for computer engineering. Describes the main features of Computer-Aided Engineering applications in the product life cycle. The report provides main trends in the development of software tools of engineering calculations and analyses the causes of some of them.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ЯЧЕЕК ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ С ЖИДКОСТНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ В СИСТЕМЕ SOLIDWORKS

АННОТАЦИЯ

Рассматривается возможность расчёта в САПР SolidWorks тепловых полей конструкций электронных средств с жидкостным охлаждением. Показывается эффективность жидкостного охлаждения на примере ячейки электронного средства.

ВВЕДЕНИЕ

Историческое развитие электронных средств (ЭС) связано с их миниатюризацией. При этом всё большее количество электро-радио-элементов размещается в ограниченном объёме. А учитывая, что большинство ЭС имеет КПД, не превышающий 50 % и основная часть потребляемой ЭС от сети питания мощности рассеивается в виде тепла, остро встаёт вопрос о защите ЭС от перегрева. Большинство ЭС, выпускаемых в прошлом веке, хорошо охлаждались при естественной и принудительной вентиляции воздуха. На этапе проектирования ЭС в них рассчитывали температуры по законам Фурье, Ньютона, Стефана—Больцмана, пользуясь аналитическими выражениями и номограммами. Такой подход обеспечивал погрешности расчёта в пределах 20 %, что вполне устраивало разработчиков. Современная аппаратура отличается тем, что объёмные тепловые мощности, выделяемые ЭС, существенно возросли, и даже принудительная вентиляция воздуха не обеспечивает охлаждение ЭС до приемлемых температур. В этом случае используют жидкостные охладительные системы. Аналитические методы расчёта жидкостных охладительных систем для электронной аппаратуры развиты очень слабо и дают значительные погрешности, которые не устраивают разработчиков ЭС. В настоящей работе показывается возможность использования САПР SolidWorks для расчёта тепловых полей ЭС с жидкостным охлаждением.

1. ВОЗМОЖНОСТИ SOLIDWORKS ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ТЕПЛОВЫХ ПОЛЕЙ

В настоящее время существует множество САПР, позволяющих моделировать тепловые процессы. Большинство из них построено на конечно-элементном анализе. На предыдущей конференции [1] показывались достоинства системы SolidWorks.

Расчёт тепловых полей в SolidWorks может осуществляться с помощью его приложений:

SolidWorks Simulation и SolidWorks FlowSimulation. Приложение SolidWorks Simulation позволяет довольно быстро рассчитывать температурные параметры ЭС, но при этом требует громадного количества исходных данных, которые предварительно необходимо определить. Например, в качестве таких данных необходимо указывать коэффициенты конвективного теплообмена поверхностей тел, входящих в электронную модель. Определение же этих коэффициентов — самостоятельная и довольно сложная задача.

Приложение SolidWorks FlowSimulation — более универсальное приложение, полностью интегрированное с ядром SolidWorks, которое позволяет рассчитывать температурные параметры моделируемой конструкции с учётом конвективного, кондуктивного и лучеиспускательного теплообмена при меньшем количестве исходных данных, чем в приложении SolidWorks Simulation. Причём в FlowSimulation можно проводить моделирование как с учётом всех трёх указанных процессов обмена тепловой энергией, так и в любых их комбинациях с выключением не нужных в конкретной задаче процессов теплообмена.

2. ОПИСАНИЕ ЯЧЕЙКИ ЭС С ЖИДКОСТНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

Традиционно ячейка электронного средства — сборочная единица, созданная на базе печатной платы с установленными на её поверхности электронными компонентами. Известно, что печатная плата, основу которой составляет пластмасса, очень плохо проводит тепло. Для увеличения теплопроводности плат в современных конструкциях их создают на базе пластин с высокой теплопроводностью, т.е. на базе металлических пластин.

В работе моделировалась реальная ячейка, созданная на базе медной пластины размером 370×270 мм² из оксидированной меди, на поверхности которой располагались электронные компоненты, равномерно выделяющие 500 Вт тепловой мощности.

Учитывая, что воздушным охлаждением в таких конструкциях не удастся обеспечить нормальный тепловой режим, то применяют жидкостное охлаждение. Для этого внутри пластины были созданы каналы для прокачки жидкости, показанные на рис. 1.

3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЯЧЕЙКИ ЭС С ЖИДКОСТНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

Описанная выше ячейка подвергалась моделированию тепловых режимов в системе SolidWorks FlowSimulation при различных вариантах расположения пластины в пространстве и различных состояниях поверхности пластины и интенсивности прокачки жидкости. Когда жидкостное охлаждение отсутствовало, то максимальные температуры перегрева для горизонтально расположенной пластины составили 178 К, а вертикально расположенной пластины — 170 К. Введение принудительной вентиляции со скоростью воздушного потока, равной 5 м/с, дало перегрев, равный 110 К. При таких перегревах ни одна микросхема, установленная на пластине-основании ячейки ЭС, работать не сможет.

Обеспечение циркуляции жидкости в каналах охлаждения значительно снижает температуры перегрева. В системе SolidWorks FlowSimulation циркуляцию жидкости можно задавать различными способами. Автор обеспечивал циркуляцию жидкости через задание разности давлений жидкости на входе и выходе канала. Результаты моделирования показали эффективность жидкостного охлаждения. Так, у горизонтально расположенной ячейки температура перегрева при перепаде давлений на входе и выходе канала, равном 5 Па, составила 105 К, а при перепаде давлений 500 Па — 15 К. Тепловое поле горизонтальной пластины при перепаде давлений 5 Па показано на рис. 1. При этом температура окружающего воздуха и температура жидкости на входе в канал составляла 20 °С.

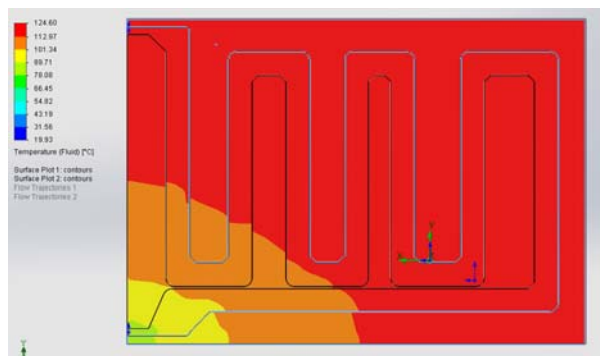


Рис. 1. Тепловое поле горизонтальной пластины

Если пластину расположить вертикально, то даже при отсутствии принудительной циркуляции жидкости (перепад давлений, равный 0 Па) перегрев пластины составляет 52 оС. Снижение температуры перегрева при этом обеспечивается естественной циркуляцией жидкости, условия для которой должны быть созданы со стороны охладителя. График зависимости максимальной температуры перегрева вертикально расположенной пластины от разности давлений на входе и выходе канала (при подаче жидкости в канал с нижней стороны пластины) приведен на рис. 2.

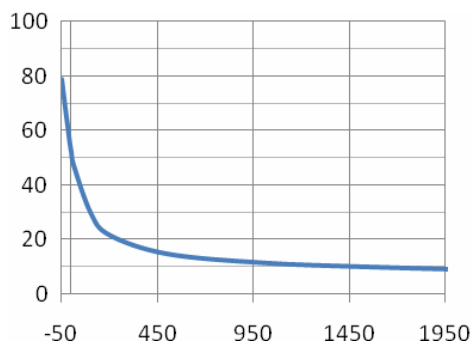


Рис. 2. График зависимости максимальной температуры перегрева от разности давлений

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённые исследования позволяют сделать следующие выводы:

- моделирование тепловых полей ЭС с жидкостным охлаждением можно проводить в Solid Works Flow Simulation;
- применение жидкостного охлаждения увеличивает эффективность охлаждения более чем на порядок;
- с целью увеличения эффективности охлаждения ЭС пластинчатые конструкции целесообразно располагать вертикально, а подачу холодной жидкости осуществлять в нижнюю часть конструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долгов Г.Ф. Опыт использования системы SolidWorks при изучении дисциплины «Основы проектирования электронных средств» // Труды Международной научно-методической конференции ИНФОРИНО—2014 (Москва, 15—16 апреля 2014 г.). М.: Издательство МЭИ, 2014. С. 119—120.

G.F. Dolgov

dolgov@vlsu.ru

Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, Vladimir

MODELING OF THERMAL MODES OF THE MODULES FOR ELECTRONIC DEVICES WITH LIQUID COOLING IN SOLIDWORKS

SUMMARY

The possibility of calculation in the CAD software SolidWorks thermal fields structures for electronic equipment with liquid cooling. Shows the effectiveness of the liquid cooling module of an electronic device.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ В СППР

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён рассмотрению методов, используемых для анализа и выработок предложений в СППР. Анализируются основные современные методы, позволяющие решать поставленные перед СППР задачи — выбор совокупности критериев, на основе которых в дальнейшем будут оцениваться и сопоставляться возможные решения. Приводятся примеры существующих систем принятий решений, основанных на тех или иных рассмотренных методах.

ВВЕДЕНИЕ

Система поддержки принятия решений предназначена для поддержки многокритериальных решений в сложной информационной среде. При этом под многокритериальностью понимается тот факт, что результаты принимаемых решений оцениваются не по одному, а по совокупности многих показателей (критериев) рассматриваемых одновременно. Информационная сложность определяется необходимостью учёта большого объёма данных, обработка которых без помощи современной вычислительной техники практически не выполнима.

1. ОСНОВНЫЕ ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ СППР, МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Современный уровень развития аппаратных и программных средств с некоторых пор сделал возможным повсеместное ведение баз данных оперативной информации на всех уровнях управления. В процессе своей деятельности промышленные предприятия, корпорации, органы государственной власти и управления накопили большие объёмы разнородных данных. Эти данные хранят в себе большие потенциальные возможности по извлечению полезной аналитической информации, на основе которой можно выявлять скрытые тенденции, строить стратегию развития, находить новые решения.

В последние годы используются следующие концепции накопления и анализа данных: хранилища данных, оперативная аналитическая обработка данных и интеллектуальный анализ данных.

Целью построения хранилища данных является интеграция, актуализация и согласование оперативных данных из разнородных источников для формирования единого непротиворечивого взгляда на объект управления в целом. Задачами оперативной аналитической обработки данных является обобщение, агрегация, многомерный

анализ и гиперкубическое представление информации, собранной в хранилище данных. Интеллектуальный анализ данных — это процесс поддержки принятия решений, основанный на поиске в данных скрытых закономерностей

Системы обработки данных разделяются на два класса: системы, ориентированные на транзакционную обработку данных (СОД) и системы, ориентированные на аналитическую обработку данных — системы поддержки принятия решений (СППР).

СППР используются для решения в режиме диалога плохо структурированных задач, для которых характерна неполнота входных данных, частичная ясность целей и ограничений. Участие человека в работе системы велико, он может вмешиваться в ход решения, модифицировать входные данные, процедуры обработки, цели и ограничения задачи, выбирать стратегии оценки вариантов решений. СППР используется на уровне стратегического планирования, оперативного и управленческого контроля.

С помощью современных методов интеллектуального анализа данных решаются следующие категории задач.

1. Задачи классификации. Использование методов позволяет выявить признаки, характеризующие однотипные группы объектов — классы, для того чтобы по известным значениям этих характеристик можно было отнести новый объект к тому или иному классу. Методами решения задачи классификации являются: метод *k*-средних, байесовые сети, деревья решений, нейронные сети.

2. Задачи кластеризации. Логически продолжают идею классификации на более сложный случай, когда сами классы заранее не определены. Результатом использования методов, выполняющих кластеризацию, является определение тех присущих исследуемым данным признаков, которые разбивают их на группы. Такие группы данных называются кластерами. Объекты данных внутри кластеров «похожи» друг на друга и «отличаются» от объектов данных других кластеров. Методами решения задачи кластеризации являются нейронные сети, обучаемые без учителя — самоорганизующиеся карты Кохонена.

3. Задачи ассоциации. Методы выполняет поиск ассоциаций не на основе значений свойств одного объекта или события, а между двумя или несколькими одновременно наступающими со-

бытиями. При этом производимые правила указывают на то, что при наступлении одного события с той или иной степенью вероятности наступает другое.

4. Задачи выявления шаблонов последовательностей. Подобно ассоциациям последовательности имеют место между событиями, но наступающими не одновременно, а с некоторым определенным разрывом во времени. Таким образом, ассоциация есть частный случай шаблона последовательности с нулевой временной задержкой.

5. Задачи прогнозирования. Методы выполняют оценку определённых будущих численных показателей системы на основе особенностей поведения текущих и исторических данных. Методами решения задачи являются методы получения статистических закономерностей, методы регрессионного и корреляционного анализа.

Система поддержки принятия решений, DSS - компьютерная автоматизированная система, целью которой является помощь людям, принимающим решение в сложных условиях для полного и объективного анализа предметной деятельности. Она возникла в результате слияния управленческих информационных систем и систем управления базами данных.

Система поддержки решений СППР решает две основные задачи: выбор наилучшего решения из множества возможных (оптимизация) и упорядочение возможных решений по предпочтительности (ранжирование).

В обеих задачах первым и наиболее принципиальным моментом является выбор совокупности критериев, на основе которых в дальнейшем будут оцениваться и сопоставляться возможные решения (будем называть их также альтернативами). Система СППР помогает пользователю сделать такой выбор. Для анализа и выработок предложений в СППР используются разные методы. Это могут быть:

- информационный поиск;
- интеллектуальный анализ данных;
- поиск знаний в базах данных;
- рассуждение на основе прецедентов;
- имитационное моделирование;
- эволюционные вычисления и генетические алгоритмы;
- нейронные сети;
- ситуационный анализ;
- когнитивное моделирование и др.

Некоторые из этих методов были разработаны в рамках искусственного интеллекта. Если в основе работы СППР лежат методы искусственного интеллекта, то говорят об интеллектуальной СППР или ИСППР.

2. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

Интеллектуальный анализ данных — это не только используемые инструменты или программное обеспечение баз данных. Интеллектуальный анализ данных можно выполнить с относительно скромными системами баз данных и простыми инструментами, включая создание своих собственных, или с использованием готовых пакетов программного обеспечения. Сложный интеллектуальный анализ данных опирается на прошлый опыт и алгоритмы, определённые с помощью существующего программного обеспечения и пакетов, причём с различными методами ассоциируются разные специализированные инструменты.

В последнее время стала возможна работа с очень большими наборами данных и кластерная/крупномасштабная обработка данных, что позволяет делать ещё более сложные обобщения результатов интеллектуального анализа данных по группам и сопоставлениям данных. Сегодня доступен совершенно новый спектр инструментов и систем, включая комбинированные системы хранения и обработки данных.

Можно анализировать самые разные наборы данных, включая традиционные базы данных SQL, необработанные текстовые данные, наборы «ключ/значение» и документальные базы. Кластерные базы данных, такие как Hadoop, Cassandra, couchdb и Couchbase Server, хранят и предоставляют доступ к данным такими способами, которые не соответствуют традиционной табличной структуре.

В частности, более гибкий формат хранения базы документов придает обработке информации новую направленность и усложняет её. Базы данных SQL строго регламентируют структуру и жёстко придерживаются схемы, что упрощает запросы к ним и анализ данных с известными форматом и структурой.

Документальные базы данных, которые соответствуют стандартной структуре типа JSON, или файлы с некоторой машиночитаемой структурой тоже легко обрабатывать, хотя дело может осложняться разнообразной и переменчивой структурой.

Рассмотрим некоторые ключевые методы и примеры того, как использовать те или иные инструменты для интеллектуального анализа данных.

Ассоциация (или отношение), вероятно, наиболее известный, знакомый и простой метод интеллектуального анализа данных. Для выявления моделей делается простое сопоставление двух

или более элементов, часто одного и того же типа. Создать инструменты интеллектуального анализа данных на базе ассоциаций или отношений нетрудно. Ассоциация позволяет выделить устойчивые группы объектов, между которыми существуют неявно заданные связи. Частота появления отдельного предмета или группы предметов, выраженная в процентах, называется распространённостью. Низкий уровень распространённости (менее одной тысячной процента) говорит о том, что такая ассоциация не существенна. Ассоциации записываются в виде правил. Типичным примером применения ассоциации является анализ структуры покупок. Например, при проведении исследования в супермаркете можно установить, что 65 % купивших картофельные чипсы берут также и «кока-колу», а при наличии скидки за такой комплект «колу» приобретают в 85 % случаев.

Классификация — инструмент обобщения. Она позволяет перейти от рассмотрения единичных объектов к обобщённым понятиям, которые характеризуют некоторые совокупности объектов и являются достаточными для распознавания объектов, принадлежащих этим совокупностям (классам). Суть процесса формирования понятий заключается в нахождении закономерностей, свойственных классам. Для описания объектов используются множества различных признаков (атрибутов). Проблема формирования понятий по признаковым описаниям была сформулирована М.М. Бонгартом. Её решение базируется на применении двух основных процедур: обучения и проверки. В процедурах обучения строится классифицирующее правило на основе обработки обучающего множества объектов. Процедура проверки (экзамена) состоит в использовании полученного классифицирующего правила для распознавания объектов из новой (экзаменационной) выборки. Если результаты проверки признаны удовлетворительными, то процесс обучения заканчивается, в противном случае классифицирующее правило уточняется в процессе повторного обучения.

Кластеризация — это распределение информации (записей) из БД по группам (кластерам) или сегментам с одновременным определением этих групп. В отличие от классификации здесь для проведения анализа не требуется предварительного задания классов.

Регрессионный анализ используется в том случае, если отношения между атрибутами объектов в БД выражены количественными оценками. Построенные уравнения регрессии позволяют вычислять значения зависимых атрибутов по заданным значениям независимых признаков.

Прогнозирование временных рядов является инструментом для определения тенденций изменения атрибутов рассматриваемых объектов с

течением времени. Анализ поведения временных рядов позволяет прогнозировать значения исследуемых характеристик.

Последовательность — это метод выявления ассоциаций во времени. В данном случае определяются правила, которые описывают последовательное появление определённых групп событий. Такие правила необходимы для построения сценариев. Кроме того, их можно использовать, например, для формирования типичного набора предшествующих продаж, которые могут повлечь за собой последующие продажи конкретного товара.

3. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ИАД

К интеллектуальным средствам относятся нейронные сети, деревья решений, индуктивные выводы, методы рассуждения по аналогии, нечёткие логические выводы, генетические алгоритмы, алгоритмы определения ассоциаций и последовательностей, анализ с избирательным действием, логическая регрессия, эволюционное программирование, визуализация данных. Иногда перечисленные методы применяются в различных комбинациях.

Нейронные сети относятся к классу нелинейных адаптивных систем с архитектурой, условно имитирующей нервную ткань, состоящую из нейронов. Математическая модель нейрона представляет собой некий универсальный нелинейный элемент, допускающий возможность изменения и настройки его характеристик. Нейронные сети широко применяются для решения задач классификации. Построенную сеть сначала нужно «обучить» на примерах, для которых известны значения исходных данных и результаты. Процесс «обучения» сети заключается в подборе весов межнейронных связей и модификации внутренних параметров активационной функции нейронов. «Обученная» сеть способна классифицировать новые объекты (или решать другие примеры), однако правила классификации остаются не известными пользователю.

Деревья решений — метод структурирования задачи в виде древовидного графа, вершины которого соответствуют продукционным правилам, позволяющим классифицировать данные или осуществлять анализ последствий решений. Этот метод даёт наглядное представление о системе классифицирующих правил, если их не очень много. Простые задачи решаются с помощью этого метода гораздо быстрее, чем с использованием нейронных сетей. Для сложных проблем и для некоторых типов данных деревья решений могут оказаться неприемлемыми. Кроме того, для этого метода характерна проблема значимости. Одним из последствий иерархической кластеризации данных является то, что для многих частных случаев отсутствует достаточное число обу-

чающих примеров, в связи с чем классификацию нельзя считать надёжной.

Нечёткая логика применяется для обработки данных с размытыми значениями истинности, которые могут быть представлены разнообразными лингвистическими переменными. Нечёткое представление знаний широко применяется в системах с логическими выводами (дедуктивными, индуктивными, абдуктивными) для решения задач классификации и прогнозирования.

4. ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ В ОБРАЗОВАНИИ

Принятие решений в сфере образования — сложный, многоаспектный процесс, в который вовлечён большой круг заинтересованных лиц. Немаловажным критерием принятия эффективного решения является анализ информации, поступающей от участников образовательного процесса на его различных этапах. В течение длительного периода в информационных системах образовательных учреждений накапливалась информация о студентах и их успеваемости, преподавателях и их научно-образовательной работе. Создавались дистанционные курсы обучения, компьютерные средства обучения, образовательные форумы, системы тестирования и анкетирования студентов и многое другое.

Данные, накопленные о разных аспектах работы образовательного учреждения, могут быть использованы для принятия решений по управлению образовательным процессом. Большое влияние на процесс принятия решений в сфере образования оказывают экспертные оценки ответственных лиц, а также опыт и интуиция преподавателей, основывающихся на субъективных мнениях о месте, роли учебных дисциплин в процессе подготовки выпускника вуза, участвующих в

формировании учебных планов и т.д. Таким образом, лицо, принимающее решение, несёт большую ответственность за его последствия. Чтобы сделать процесс принятия решения более объективным, необходимо пользоваться развитым специализированным научным аппаратом, реализованным в системах поддержки принятия решений.

Существует множество задач, в которых методы статистики, машинного обучения и извлечения знаний полезны для всех участников образовательного процесса: обучающихся, преподавателей и административных работников сферы образования. Большинство исследований в этой области предполагает использование учебном процессе так называемых интеллектуальных обучающих систем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Интеллектуальный анализ данных — это не только выполнение некоторых сложных запросов к данным, хранящимся в базе данных. Независимо от того, используете ли вы SQL, базы данных на основе документов или простые неструктурированные файлы, необходимо работать с данными, форматировать или реструктурировать их. Требуется определить формат информации, на котором будут основываться ваши метод и анализ. Затем, когда информация находится в нужном формате, можно применять различные методы (по отдельности или в совокупности), не зависящие от требуемой базовой структуры данных или набора данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Леоненков А.В.** Нечёткое моделирование в среде MatLab и fuzzyTECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 736 с.: ил.
2. **Филипов В.А.** Интеллектуальный анализ данных: методы и средства. М.: Эдиториал УРСС, 2001, 52 с.

I.A. Dokhtaeva, A.A. Sukonshchikov

dohtaevairina@mail.ru; avt@mh.vstu.edu.ru
Vologda State University, Vologda

MODERN DATA MINING TECHNIQUES IN THE DSS

SUMMARY

The report is devoted to the methods used for the analysis and proposals in the workings of DSS. Analysis of the main modern methods to solve tasks - the choice set of criteria, based on which will continue to evaluate and compare the possible solutions. Examples of existing decision-making system based on those or other methods considered.

СОЗДАНИЕ И ПРОВЕРКА МОДЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ ПОТОКА ЖИДКОСТИ ВНУТРИ ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SOLIDWORKS

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена возможность осуществлять моделирование поведения потока жидкости внутри вихревой трубы на различных типах конструкции в программном комплексе SolidWorks с проверкой полученных результатов на опытно-промышленном образце преобразователя электроэнергии для автономного теплоснабжения.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из направлений повышения эффективности энергетических систем является получение тепловой энергии из внутренней энергии жидких сред путём активизации внешними источниками (например, электроприводом). Это направление связано с конструированием, исследованием и изготовлением преобразователя электроэнергии для автономного теплоснабжения, в которых внутренняя энергия извлекается из жидкой среды (так называемой «рабочей жидкости») в процессе активизации с помощью электромеханического воздействия. Однако в настоящее время не достаточно изучен не только механизм преобразования энергии, но и поведение рабочей жидкости внутри данных установок. Отсутствие адекватных математических моделей затрудняет реализацию эффективных систем управления электроприводом.

1. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ АВТОНОМНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

После проведения анализа теоретических и экспериментальных исследований в области изготовления и использования преобразователей электроэнергии для автономного теплоснабжения [1, 2] была разработана проектно-конструкторская и производственно-технологическая документация. На её основе на учебно-производственной базе Карагандинского государственного технического университета осуществлены изготовление, монтаж и наладка механического оборудования, систем электроснабжения, автоматического управления и сигнализации для серии преобразователей электроэнергии различной мощности. В частности, была изготовлена опытно-промышленная установка ГДН-20 с использованием насоса фирмы Grundfos (Германия) мощностью 22 кВт, технологическая схема которой приведена на рис. 1.

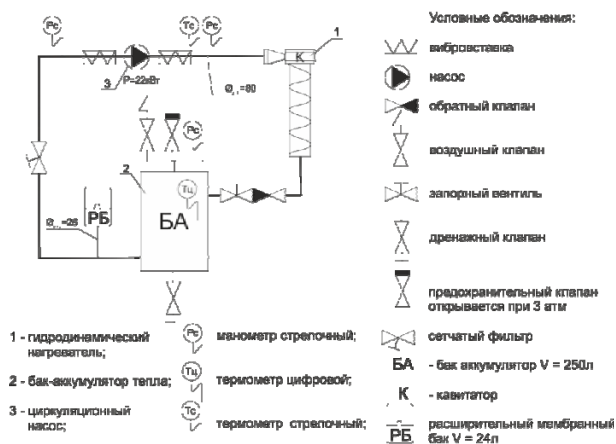


Рис. 1. Технологическая схема установка ГДН-20

Конструктивные узлы ГДН-20 должны обеспечивать вихревое движение рабочей жидкости в вихревой трубе с формированием непрерывного кавитационного процесса в её объёме, циркуляцию рабочей жидкости в замкнутом теплогенерирующем контуре, что в совокупности и ведёт к выделению из рабочей жидкости внутренней энергии в форме тепла.

2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ПОТОКА ЖИДКОСТИ ВНУТРИ ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ

Для моделирования поведения завихренного потока жидкости внутри вихревой трубы был проведен поиск подходящего программного обеспечения. Предъявленным требованиям удовлетворил программный комплекс SolidWorks, в котором 3D-моделирование помимо получения чертежей даёт возможность формализованного описания граничных условий для решения физико-математических задач, в число которых входит моделирование тепловых процессов [3, 4].

На основе конструкторской документации и чертежей составных частей установки ГДН были созданы 3D-модели: сборки вихревой трубы, трубопровода исходящего, напорного и обратного (рис. 2).

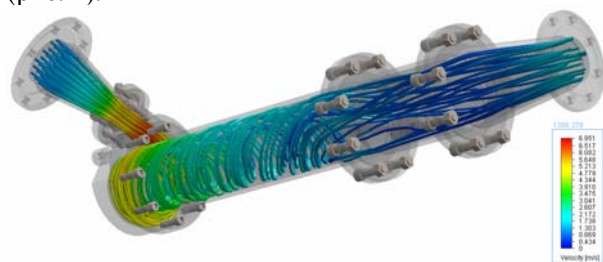
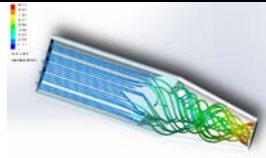

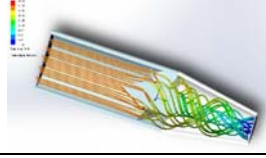

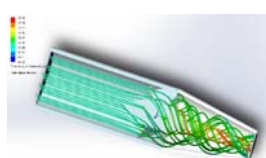
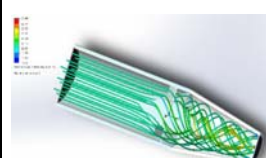


Рис. 2. Моделирование течения жидкости

На основе модуля Flow Simulation, входящего в программный комплекс SolidWorks и позволяющего имитировать течение жидкостей и газов с использованием типовых физических моделей, а также проведения комплексного теплового расчёта, осуществлено моделирование движения потока жидкости внутри установки. Получены расчётные значения скорости потока, температуры и давления для ряда входных данных (табл. 1).

Таблица 1
Сравнение двух вариантов моделирования конструктивного элемента «турбина» с расположением внутри напорного трубопровода

	1 вариант	2 вариант
Описание	Количество лопаток — 6 шт. Угол между лопатками — 45°. Длина лопаток 80 мм Сердцевина имеет вид двух обратных конусов	Количество лопаток — 6 шт. Угол между лопатками — 45°. Длина лопаток 60 мм Сердцевина имеет вид двух обратных конусов
Скорость		
Давление		
Температура		

Сравнение этих величин со значениями, полученными при проектировании установки, показало их идентичность, что подтверждает эффективность данного программного обеспечения для

изучения и проектирования технологического оборудования [5, 6]. Например, в результате анализа выявлено, что большая длина лопаток конструктивного элемента «турбина» оказывает повышающее влияние на скорость и давление рабочей жидкости внутри напорного трубопровода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время проектирование технологического оборудования значительно упрощается благодаря применению различных программных комплексов. Они позволяют выявить недостатки разработки ещё на этапе проектирования. В проведённой нами работе данный программный комплекс упростил изучение поведения жидкости в установке. Полученные расчётные данные температуры, давления и скорости будут использованы при дальнейших исследованиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент № 26822. Республика Казахстан, (KZ). МПК F15D 1/00, F24D 15/00, F24H 1/10. Гидродинамический нагреватель / Н.С. Бектурганов, В.Н. Кучин, И.И. Окрут. Оpubл. 15.04.13. Бюл. № 4. 2013.
2. Патент № 26661. Республика Казахстан (KZ). Гидродинамический нагреватель-ТММ / В.Н. Кучин, И.И. Окрут, А.А. Антипов. Оpubл. 15.04.13. Бюл. № 4. 2013.
3. Прохоренко В.П. SolidWorks. Практическое руководство. М.: ООО «Бином-Пресс», 2004 г. 448 с.: ил.
4. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной графике / А.А. Алямовский, А.А. Собачкин, Е.В. Одинцов и др. СПб.: БХВ-Петербург, 2008. 1040 с.
5. Бектурганов Н.С., Кучин В.Н., Калинин А.А., Юрченко В.В. Исследование кавитационного процесса гидродинамического нагревателя // Вестник Казахской национальной академии естественных наук. 2015. № 2. С. 55—58.
6. Кучин В.Н., Калинин А.А., Юрченко В.В., Мергенов А.А. Экспериментальные исследования энергетических характеристик гидродинамических нагревателей жидких сред // Вестник Казахской национальной академии естественных наук. 2015. № 1. С. 32—34.

A.A. Kalinin, J.V. Breido, V.N. Kuchin

a.kalinin@kstu.kz; jbreido@kstu.kz; kuchin-41@mail.ru
Karaganda state technical university, Karaganda

CREATE AND VERIFY A MODEL OF FLUID FLOW BEHAVIOR INSIDE THE VORTEX TUBE IN SOLIDWORKS SOFTWARE PACKAGE

SUMMARY

The work deals with fluid flow behavior modeling inside the vortex tube on different types of designs in SolidWorks software package with test results obtained on the pilot production samples converter of electricity for autonomous heating.

РЕАЛИЗАЦИЯ УЧЕБНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАДАЧ СРЕДСТВАМИ РЕШАТЕЛЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются практические вопросы повышения производительности создания прикладных программ с помощью специализированных средств разработки автоматизированных систем. Эти средства могут использоваться как для решения учебных задач, так и для создания промышленных приложений.

ВВЕДЕНИЕ

В работах [1, 2, 3, 4] представлен подход к повышению производительности создания специализированных программных приложений средствами Решателя инженерных задач. В частности было показано, что использование естественного языка и специальных форм документов позволяет самим специалистам предметных областей создавать прикладные программы без привлечения специалистов в области информационных технологий. Также было отмечено, что навыки, полученные в результате разработки информационного обеспечения прикладных программ средствами Решателя инженерных задач во время учебного процесса, способствуют закреплению знаний по профильным и смежным дисциплинам, а также позволяют учащимся участвовать в реализации практических проектов. В указанных выше работах основное внимание было уделено методике преобразования исходной нормативно-справочной информации в такое табличное представление, которое позволяет включать её в состав информационных блоков. Ниже рассмотрены вопросы методики составления терминологического словаря и условий применимости таблиц информационных блоков с целью их использования для автоматизированного построения диалогов ввода исходных данных.

1. ВВОД, УПРАВЛЯЕМЫЙ ДАННЫМИ

Традиционно в автоматизированных системах ввод исходных данных осуществляется до начала вычислительного процесса сразу общим списком или последовательно посредством специально разработанного иерархического меню. Следует отметить, что в конструкторско-технологических расчётах применение иерархического меню является скорее правилом, чем исключением. Это связано как с общим разнообразием прикладных расчётов, так и с уникальным составом исходных данных для каждого частного случая. Эти особенности расчётов значительно увеличивают трудоёмкость создания автоматизированных систем.

Представление информации в виде информационных блоков [1] позволяет Решателю инженерных задач автоматически организовывать диалоговый ввод посредством избирательного запрашивания ввода необходимых данных по мере накопления информации в процессе решения прикладной задачи.

Рассмотрим организацию диалога ввода исходных данных на примере создания электронного варианта строительных норм и правил [5]. Указанный СНиП используется для решения нескольких взаимосвязанных задач, каждая из которых является отдельным проектным решением. В основе СНиП лежит подробная методика расчёта толщины утеплителя. Одна из вспомогательных задач: выбор конструктивного решения теплоизоляции (крепление, многослойность, необходимость в пароизоляции и покровном слое). Другая вспомогательная задача: определение марки теплоизоляционного материала в зависимости от условий эксплуатации и особенностей теплоизоляционной конструкции. Без решения вспомогательных задач невозможно выполнение расчёта толщины утеплителя, поскольку результаты вспомогательных задач являются исходными данными для этого расчёта. Вспомогательные задачи многовариантны и требуют нескольких повторных расчётов для определения наиболее целесообразного конструктивного решения и приемлемой толщины утеплителя. Методика определения толщины утеплителя предусматривает более десяти различных вариантов в зависимости от выбранного расчётного критерия (нормируемой плотности теплового потока, заданной величины охлаждения вещества в ёмкости, заданного количества конденсата в паропроводе и др.). Каждый из критериев предполагает различный набор и последовательность задания входных данных (значений входных параметров).

Для того чтобы показать, что формальное представление информации для Решателя инженерных задач позволяет запрашивать данные в той же последовательности, что и при ручном проектировании, проследим, как практически используются методические рекомендации СНиП при ручном проектировании.

Из вводной части нормативного документа следует, что вначале необходимо определиться с параметрами «Назначение тепловой изоляции» и «Температура содержащегося (транспортируемого) вещества».

В разделах 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ и 2. ТРЕБОВАНИЯ К ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫМ КОНСТРУКЦИЯМ, ИЗДЕЛИЯМ И МАТЕРИАЛАМ приведены рекомендации и ограничивающие условия, которые возможно потребуются в дальнейшем, но сразу определиться с их конкретным применением затруднительно.

В разделе 3. РАСЧЁТ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ есть пункт 3.2 с расчётными формулами. До начала расчёта необходимо определить параметр «Форма изолируемой поверхности», который задает вид расчётной формулы, и знать критерий расчёта, от которого зависит вид формул вычисления сопротивления теплопередачи и потребность в дополнительных параметрах. Далее последовательно определяются значения параметров, входящих в расчётные формулы. Для этого используются рекомендации предыдущих разделов и подпунктов нормативного документа. Первый же уточняющий подпункт 2.7 отсылает к приложениям, содержащим таблицы. Так, параметр «Теплопроводность теплоизоляционного слоя» зависит от выбранного теплоизоляционного материала и должен быть выбран с учётом ограничений, связанных с выполнением требований к теплоизоляционным материалам и конструкциям. Чтобы определить эти ограничения, потребуются дополнительные входные параметры (исходные данные). Процесс проектирования завершится, когда будут выполнены все промежуточные расчёты и определены или заданы все недостающие промежуточные параметры. Таким образом, данная методика расчёта имеет иерархическую древовидную структуру. Определить, когда и какие параметры потребуются дополнительно задать, возможно только на стадии выполнения расчёта в зависимости от ранее введённых исходных и полученных промежуточных данных. Будем называть такой процесс последовательного ввода данных *вводом, управляемым данными*.

Автоматизированный процесс поиска решений на основе информационных блоков позволяет построить последовательность ввода данных по формальным признакам и одновременно определить допустимые значения вводимых параметров. Для того чтобы такой механизм ввода, управляемый данными, работал эффективно, надо соблюдать определённые правила составления условий применимости информационных блоков.

2. ПОИСК РЕШЕНИЙ, УПРАВЛЯЕМЫЙ ДАННЫМИ

Процесс поиска решений, управляемого данными, заключается в формальном динамическом связывании информационных блоков по мере определения целевых выходных параметров. Тем самым отпадает необходимость в предварительном построении алгоритма решения задачи, основанном на предопределённой последователь-

ности условных переходов. Неотъемлемой частью информационного блока является таблица применимости. Формальный автоматический анализ таблиц применимости позволяет управлять процессом связывания блоков и запрашивать дополнительные параметры по мере возникновения необходимости в их использовании.

Продолжая начатый пример, рассмотрим необходимый состав таблицы применимости одного из ключевых информационных блоков — блока, выполняющего формулу определения толщины теплоизоляционного слоя для плоской поверхности и цилиндрических объектов диаметром 2 м и более.

Во-первых, таблица применимости включает общие параметры, связанные с допустимостью использования всего нормативного документа (см. выше описание ручного процесса): «Назначение тепловой изоляции» и «Температура содержащегося (транспортируемого) вещества», которые ограничивают область применения формулы возможными значениями: «Назначение тепловой изоляции» = «Наружные поверхности оборудования, трубопроводов и воздухопроводов в зданиях, сооружениях и наружных установках общего назначения» и «Температура содержащегося (транспортируемого) вещества, °C» = [-180; 600]. Также таблица применимости содержит параметры, определяющие область применения формулы «Форма изолируемой поверхности» = «Плоская»; «Цилиндрическая» и «Диаметр изолируемой поверхности» ≥ 2 м. Чтобы диалог ввода управляемый данными работал корректно и не запрашивал диаметр поверхности для выбора «Плоская» предусмотрены два информационных блока с одинаковыми процедурными составляющими, но различными таблицами применимости. Для плоских поверхностей таблица применимости не содержит параметр «Диаметр изолируемой поверхности». Параметры, которые логично запрашивать раньше, должны размещаться в таблице условий применимости информационного блока выше. Таким образом, формальное правило формирования диалога будет работать так: вначале по очереди по списку одноименных параметров; затем по более короткому списку; если списки допустимых значений одноименных параметров не совпадают, то продолжение по списку с заданным допустимым значением. Другими словами, после выяснения формы поверхности, если была указана цилиндрическая, далее будет запрошен диаметр. Составление таблиц применимости с правильным порядком расположения входных параметров достаточно сложная, требующая вдумчивого отношения и отличного понимания деталей проектирования, задача. Результатом непродуманного порядка указания последовательности входных параметров станет запрос лишних параметров

или нелогичная последовательность ввода данных. Далее в таблице применимости информационного блока перечислены входные параметры формулы: «Теплопроводность теплоизоляционного слоя, Вт/(м·°C)» и «Термическое сопротивление теплоизоляционной конструкции, м²·°C/Вт». Эти параметры не запрашиваются в диалоге, поскольку выступают в роли промежуточных, для определения которых предусмотрены отдельные информационные блоки.

Процесс поиска, управляемый данными, продолжится, и Решатель инженерных задач перейдёт к поиску и анализу блоков для определения следующего параметра «Теплопроводность теплоизоляционного слоя, Вт/(м·°C)». Этот параметр определяется в информационных блоках, созданных на основе таблиц приложения 2. Большие таблицы приложений разделены на более мелкие таблицы с однородными списками входных параметров. Информационные блоки, созданные в результате анализа разделов 1 и 2 исходного документа, позволяют выбрать (ограничить выбор) теплоизоляционные материалы с учётом существующих ограничений и сформировать списки параметров, уточняющих задачу.

Для организации диалога используются не все блоки, а только те, что подойдут по условиям применимости в диапазонах значений уже известных параметров, например значение температуры содержащегося (транспортируемого) вещества. Таким образом, по мере ввода и определения параметров уменьшается подмножество информационных блоков, участвующих в поиске решений.

Отсутствие всеобъемлющей и детальной информации не позволяет формализовать процесс до стадии получения однозначных решений. Автоматизированная процедура упрощает задачу конструктора, позволяя ограничить набор материалов для выбора и проверить выбранный материал на соответствие известным ограничивающим условиям. Задачи подбора и проверки теплоизоляционного материала выделены в отдельные модули. Список формируется последовательным перебором всех возможных материалов с проверкой допустимости их использования. Такая процедура может быть реализована отдельным внешним модулем, использующим Решатель инженерных задач как внутреннюю многократно вызываемую процедуру. Принять окончательное однозначное решение при выборе теплоизоляционного материала должен конструктор.

3. РОЛЬ СЛОВАРЯ В ПРОЦЕССАХ, УПРАВЛЯЕМЫХ ДАННЫМИ

Поддержка ограниченного естественного языка обеспечивается терминологическим словарём. Для эффективной работы ввода данных и процессов, управляемых данными, необходимо соблюдать определённые правила при составлении тер-

минологического словаря. Параметры должны быть иерархически упорядочены от общих понятий к частным. Параметры должны быть классифицированы по принадлежности к объектам проектирования. Для параметров одного уровня иерархии или классификации (по возможности) устанавливаются весовые критерии. Списки текстовых значений в случае возможной неоднозначности трактовки следует делать избыточными. Для числовых параметров, наоборот, определяются разумные границы допустимых величин.

Это позволит предлагать данные для ввода в более естественном порядке, избегать неверной трактовки значений текстовых параметров, на этапе ввода данных предупреждать задание заведомо некорректных числовых значений.

Иерархическое разделение параметров приобретает особую важность для больших задач, состоящих из совокупности более мелких. Достаточно естественно на начальной стадии расчёта запросить выбор параметров для ввода из верхних уровней иерархии.

Классификационное деление позволяет сгруппировать параметры по области использования, что облегчает выбор из общего словаря при составлении информационных блоков. Формальное построение последовательности поиска решений может быть оптимизировано с учетом классификационного деления. Это в свою очередь также приведёт к более естественной последовательности ввода недостающих данных.

Неоднородность исходной формализуемой информации порождает неоднозначность при выборе информационных блоков для определения одних и тех же выходных параметров. Частично эта проблема может быть устранена, если параметры одного уровня иерархии (классификации) будут разделены на более и менее значимые. Это позволяет вначале попытаться принять решение на основе более значимых параметров.

Наименования параметров и списки текстовых значений в силу естественных ограничений на размеры текстов теряют контекстное содержание и могут трактоваться неправильно, поэтому в словаре при вводе таких параметров необходимо отображать все возможные значения, включая те, которые ни в одном информационном блоке не используются. Такие значения нельзя будет выбрать, но зато это восстанавливает смысловой контекст.

Для параметров, предполагающих ввод числовых значений, предусматривается проверка на область допустимых значений ещё на этапе ввода. Параметры, которые где-либо определяются в информационных блоках, ограничиваются автоматически по формальным правилам. Для внешних параметров, которые нигде не определяются, такие ограничения необходимо указать непосредственно в словаре.

Поясним на примере, как работает восстановление понимания контекста при вводе данных, использующих только наименование параметра и список возможных и условно возможных значений. Ограничивающим условием применения рассматриваемого нормативного документа является следующий текст:

«Настоящие строительные нормы и правила следует соблюдать при проектировании тепловой изоляции наружной поверхности оборудования, трубопроводов и воздухопроводов в зданиях, сооружениях и наружных установках с температурой содержащихся в них веществ от минус 180 до 600 °С.

Настоящие нормы не распространяются на проектирование тепловой изоляции оборудования и трубопроводов, содержащих и транспортирующих взрывчатые вещества, изотермических хранилищ сжиженных газов, зданий и помещений для производства и хранения взрывчатых веществ, атомных электростанций и установок».

Чтобы сохранить контекст, список значений параметра «Назначение тепловой изоляции» должен иметь следующий вид:

- Наружные поверхности оборудования, трубопроводов и воздухопроводов в зданиях, сооружениях и наружных установках общего назначения;
- Оборудование и трубопроводы атомных электростанций и установок;
- Оборудование и трубопроводы зданий и помещений для производства и хранения взрывчатых веществ;
- Оборудование и трубопроводы изотермических хранилищ сжиженных газов;
- Оборудование и трубопроводы, содержащие и транспортирующие взрывчатые вещества.

Выбрать можно только одно (подчёркнутое значение). Остальные значения отображаются с целью сохранения контекста, исключаяющего из

рассмотрения различные виды специального оборудования и трубопроводов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Задача разработки автоматизированных процедур средствами Решателя инженерных задач предполагает глубокое понимание предмета и применение специальных методов формализации нормативно-справочной информации. Разработка автоматизированных процедур может вестись фрагментарно в рамках учебных задач. Отдельные фрагменты наделены полной функциональностью: от ввода исходных данных до получения законченных решений. После объединения словарей и информационных блоков эти фрагменты могут представлять законченное автоматизированное решение производственной задачи.

Более подробная информация и работающие примеры размещены на сайте www.trtl-ln.ru.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукьянец О.Ф., Каминский С.Е., Деев О.М. Формализация технологических знаний при разработке автоматизированных систем: учеб. пособие. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 136 с.
2. Каминский С.Е., Лукьянец О.Ф. Самый действенный способ научиться чему-либо самому – попробовать научить этому ... компьютер // Современные информационные технологии и ИТ-образование: Сборник избранных трудов VII Международной научно-практической конференции / под ред. В.А. Сухомлина. М.: ИНТУИТ.РУ, 2013. С. 173—181.
3. Каминский С.Е., Лукьянец О.Ф. Практика применения в учебном процессе экспертной системы решения задач технологического проектирования // Открытое образование. 2012. № 6. С. 72—80.
4. Каминский С.Е., Лукьянец О.Ф., Жумаев С.А. Решатель инженерных задач // Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования — ИНФОРИНО—2012» (Москва, 10—11 апреля 2013 г.). М.: Издательский дом МЭИ, 2012. С. 185—188.
5. СНиП 2.04.14-88. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов (с изменением № 1 от 31 декабря 1997 г.). Госстрой России. М.: ГУП ЦПП, 1998.

S.E. Kaminskij, O.F. Lukyanecz

kam@trtl-ln.ru; oleg.fedorovich@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow

THE IMPLEMENTATION OF THE INDUSTRIAL PROBLEMS BY MEANS OF SOLVER ENGINEERING TASKS

SUMMARY

Considered the practical issues of increasing productivity application development through the use of specialized software development of automated systems. These development tools can be used to solve the educational tasks and to creating industrial applications.

ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён анализу электроснабжения распределенных объектов. В рассмотренном примере показаны возможности учета и оценки системы электроснабжения

ВВЕДЕНИЕ

Для оценки различных по составу и условиям эксплуатации систем электроснабжения (СЭС) разработано несколько методик (статистические испытания, исследования операций, техноценоз и др.), использование которых, несмотря на разный применяемый математический аппарат и исходные данные, показывает высокую сходимость и достоверность получаемых результатов. Однако данные методики не позволяют сделать вывод о влиянии электроснабжения на функционирование ни в целом за систему автономных объектов (САО), ни по её элементам.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Необходимо разделить техническую и организационную составляющие электроснабжения САО. Техническая составляющая регламентируется широким перечнем правоустанавливающих документов. И если с регламентацией эксплуатации электротехнических средств (ЭТС) нет особых проблем, то вопросы организации электроснабжения в САО находятся в «бесхозном» состоянии. Необходимо отметить, что каждое подразделение (служба) осуществляет независимый учёт и снабжение, поэтому с точки зрения «многоканальности» такого управления организация электроснабжения является сложной проблемой.

Анализ научно-методических разработок позволяет судить об отсутствии единого подхода в организации электроснабжения и мероприятий по уровням иерархии САО, адекватно отражающим зависимость «технологические требования — оборудование (потребители) — комплект ЭТС — мероприятия обеспечения».

Разноплановость задач не позволяет применять единые критерии оценки ЭТС: вероятность выполнения задач, баланс мощности, унификация, экономичность и др.

Организационная составляющая оценки учитывает технологию действий САО, режимы работы потребителей электроэнергии образцов техники и расстояния от аккумуляторных батарей (АКБ) до зарядных устройств (ЗУ). Техническая составляющая — количество выработанной элек-

троэнергии от каждого источника, а также эксплуатационные данные: перегрев, пробой, заряд, разряд, износ, расход и пр.

При этом на уровне носимого оборудования (НО) описание процесса характеризуется техническими составляющими и лишь для обеспечения оборота АКБ — организационными. На уровне образца техники соотношение составляющих примерно одинаково. На уровне организации процесс электроснабжения характеризуется решением организационных вопросов (рис. 1).

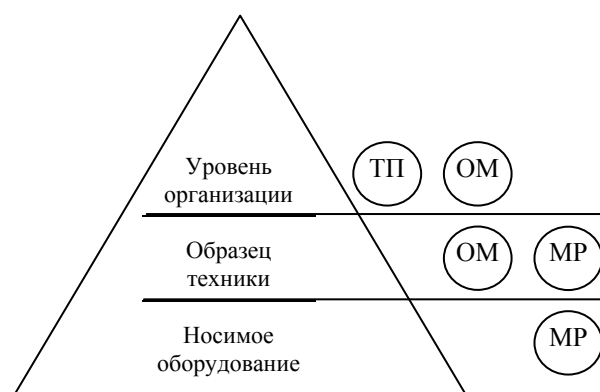


Рис. 1. Характеристика уровня СЭС: ТП — технологический процесс; ОМ — организационная модель; МР — модель работы

2. ОПИСАНИЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ

Для описания СЭС САО была создана база данных, реализующая такие алгоритмы работы как:

- подготовка исходных данных;
- анализ комплектов техники и ЭТС;
- обеспечение уникальности каждого элемента модели;
- расчёт (перемещений, состояний, ресурсов);
- расчёт показателя эффективности.

Рассмотрение других вариантов заключается в изменении условий учёта комплекта техники (изменение, дополнение, удаление) и/или режимов функционирования (закономерностей изменения состояний). Применение баз данных позволяет проводить моделирование процессов электроснабжения.

Оценка функционирования комплекта техники (ЭТС) САО является самостоятельной проблемой, которая будет решена как только на всей технике будет установлена интерактивная диагностирующая аппаратура. И если на единичных образцах это реализуемо, то в масштабе органи-

зации только сбор и обработка информации выделяется в отдельную проблему.

Отсутствие инструментальных возможностей по мониторингу состояния комплекта техники в настоящее время требовало апробирования методики анализа и оценки комплекта ЭТС.

Основная проблема заключалась в её комплексности за счёт:

- отсутствия средств контроля;
- большой численности (более 1000 единиц техники);
- рассредоточенности на местности.

В ходе эксперимента (рассматривалась САО, оснащённая телекоммуникационной техникой) был определён основной критерий эффективности — время прохождения команд и сигналов. Причём это время дифференцировано в зависимости от должностного уровня (иерархии). Одной из целей эксперимента являлось определение соответствия техники и ЭТС заявленным требованиям.

Таким образом, фактически необходимо было определить время:

$$T = \begin{pmatrix} x & t_{12} & \cdots & t_{1n} \\ t_{21} & x & \cdots & t_{2n} \\ \vdots & \vdots & x & \vdots \\ t_{n1} & t_{n2} & \cdots & x \end{pmatrix}, \quad (1)$$

количество (объём) информации каждого абонента с каждым в полевых условиях

$$K = \begin{pmatrix} x & k_{12} & \cdots & k_{1n} \\ k_{21} & x & \cdots & k_{2n} \\ \vdots & \vdots & x & \vdots \\ k_{n1} & k_{n2} & \cdots & x \end{pmatrix}, \quad (2)$$

а также готовность ЭТС (вероятность безотказной работы или коэффициент готовности K_g)

$$P = \begin{pmatrix} x & p_{12} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & x & \cdots & p_{2n} \\ \vdots & \vdots & x & \vdots \\ p_{n1} & p_{n2} & \cdots & x \end{pmatrix} \quad (3)$$

каждого элемента САО.

Для этого был создан комплекс программ, позволяющих собирать и обрабатывать исходные данные, а также оценивать функционирование системы как в целом, так и по элементам [1, 2, 3].

3. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ

Реализация (1—3) была достигнута в несколько этапов:

1 этап — сбор первичной информации о работе системы управления с каждого объекта. Данные представляют собой электронные квитанции с указанием реквизитов: даты и времени, типа сообщения, абонента и других, всего до 15 позиций;

2 этап — сортировка первичных данных по каждой из позиций;

3 этап — расчёт и вычисление параметров функционирования. Особенностью стала реализация индивидуализации каждого соединения (абонент N — абонент M : количество, время и тип обмениваемой информации);

4 этап — оценка элементов и системы в целом в соответствии с установленными требованиями по заданным критериям.

4. ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОЦЕНКИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ

Оптимизация параметров СЭС САО использует результаты эксперимента и является комплексом самостоятельных методик, цель которых — определение рациональных параметров как образцов техники, так и системы в целом.

Для поиска оптимальных параметров электрооборудования образца техники был применён аппарат нечётких множеств (АНМ), а для САО — генетические алгоритмы (ГА). На рис. 2 и 3 показаны алгоритмы их работы.

Результатом оптимизации на основе АНМ [1] для образца техники стали поверхности решений. На рис. 4—6 показана зависимость мощности дополнительных источников электроэнергии от параметров потребляемой мощности.

Результатом оптимизации на основе ГА [2] для САО стал параметрический ряд. На рис. 7 показано решение, представляющее собой численное выражение параметров, в зависимости от их группировки.

Апробация разработанного комплекса методик по системному анализу и оценке параметров СЭС САО показала его эффективность, жизнеспособность и оперативность, что позволило выявить несоответствия системы генерации и сформулировать направления оптимизации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы было формализовано и математически описано взаимодействие элементов иерархической структуры электрооборудования [3], учитывающее зависимость их параметров от режимов работы техники и подразделений, наличие негативных возмущений при детерминированной и стохастической природе отдельных явлений, формирующих рассматриваемые процессы.

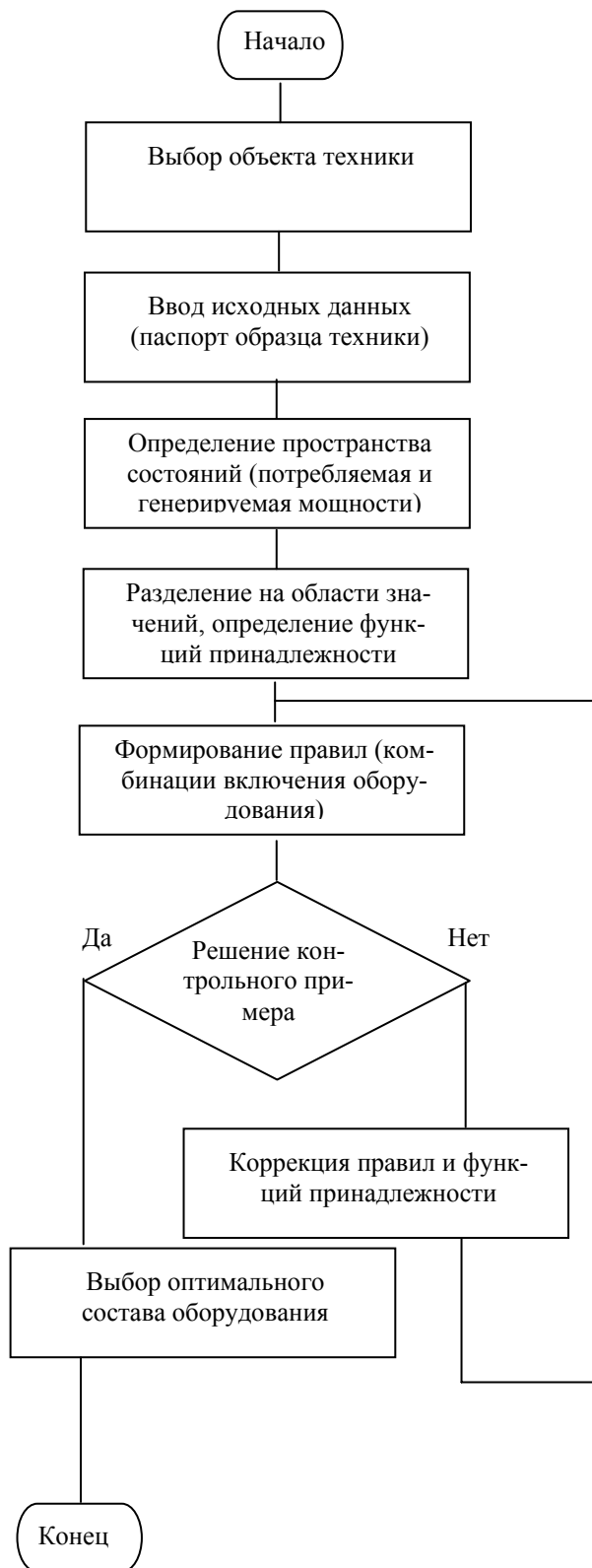


Рис. 2. Алгоритм оптимизации параметров электро-снабжения САО на основе нечётких множеств

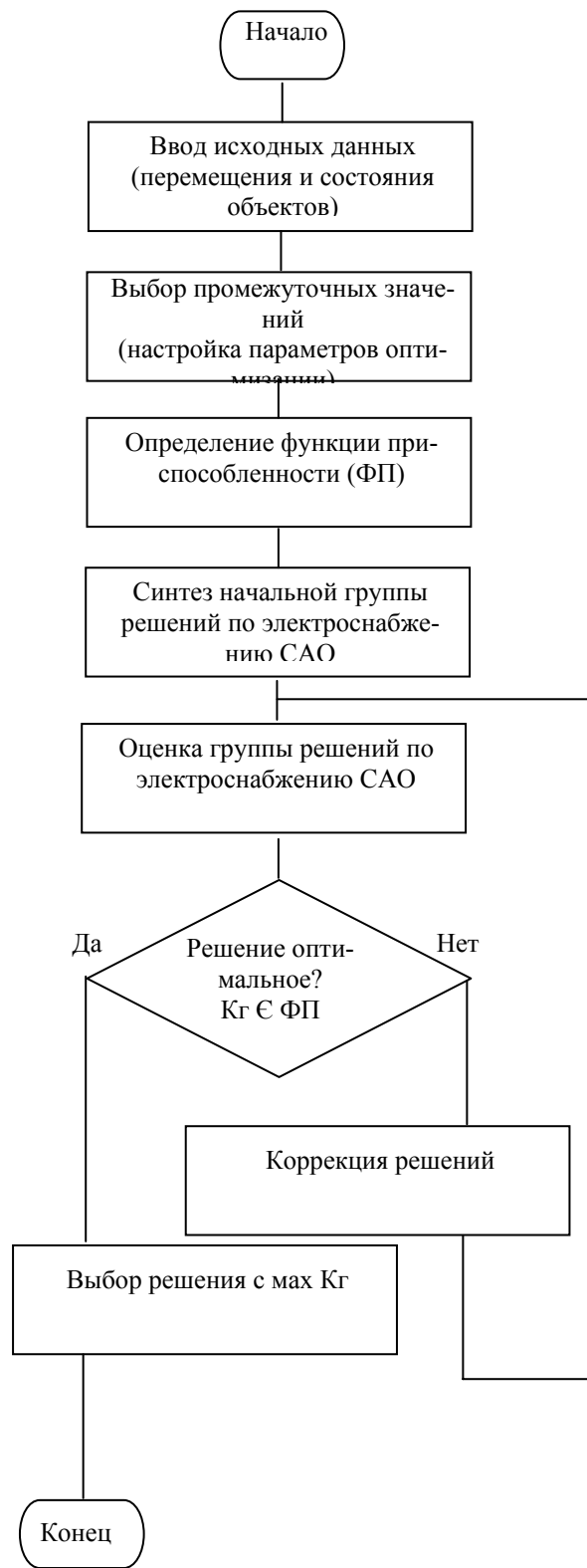


Рис. 3. Алгоритм оптимизации параметров электро-снабжения САО на основе генетических алгоритмов

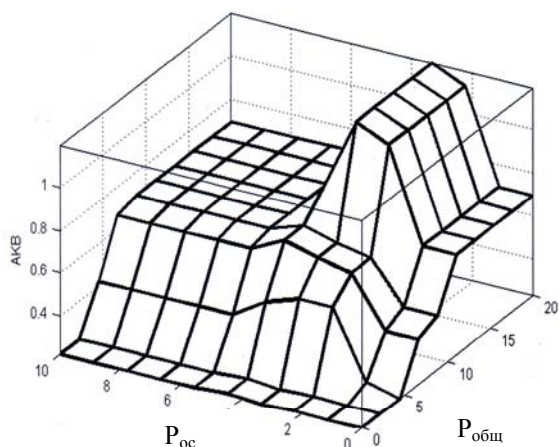


Рис. 4. Ёмкость аккумуляторной батареи в зависимости от потребляемой образцом техники электроэнергии

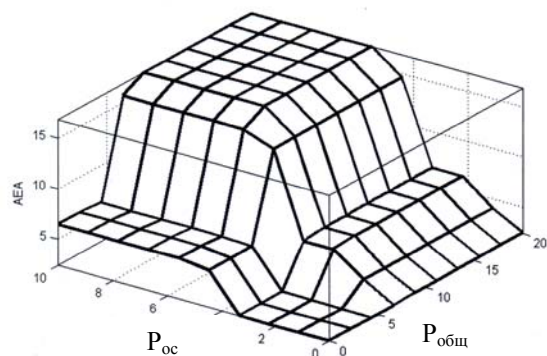


Рис. 5. Мощность автономного электроагрегата в зависимости от потребляемой образцом техники электроэнергии

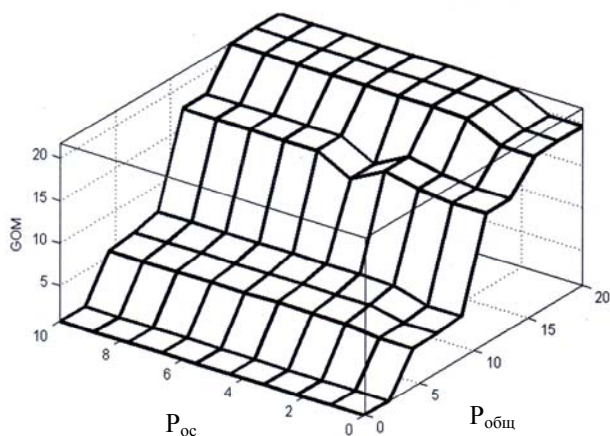


Рис. 6. Параметры генератора отбора мощности в зависимости от потребляемой образцом техники электроэнергии

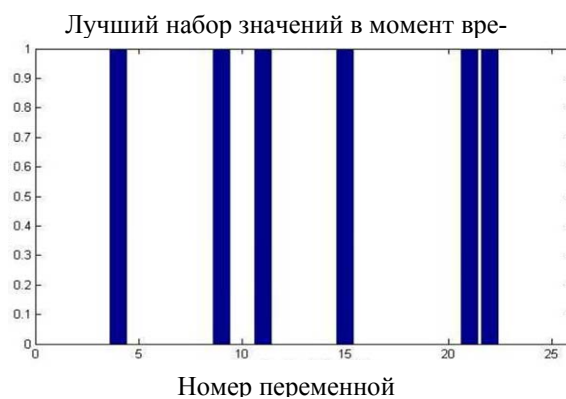


Рис. 7. Экранная форма: вариант решения оптимизационной задачи с помощью ГА в среде MatLab GA Optimset

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кандауров А.В.** Свидетельство о регистрации программы ЭВМ № 2015661157 от 20.10.2015 Российская Федерация. Программа определения мощности источников электроэнергии в зависимости от мощности потребителей, опубликовано 20.11.2015.
2. **Кандауров А.В.** Свидетельство о регистрации программы ЭВМ № 2015661641 от 02.11.2015 Россий-

ская Федерация, Программа определения параметров источников электроэнергии в зависимости от режимов работы потребителей и внешней среды, опубликовано 20.11.2015.

3. **Кандауров А.В.** Свидетельство о регистрации базы данных № 2015621599 от 26.10.2015 Российская Федерация, Система электроснабжения общевойскового формирования тактического звена, опубликовано 20.11.2015.

A.V. Kandaurov

kandaurov_2000@inbox.ru

Tyumen Higher Military Engineering Command School, Tyumen

EVALUATION OF POWER ENERGY SYSTEMS OF AUTONOMOUS OBJECTS

SUMMARY

The report analyzes the power of distributed objects. In the example shown accountability and evaluation of the power supply system.

Г.А. Каяшева, М.И. Шарипов, А.М. Ишмуратова

gkayasheva@mail.ru; sharipovm@mail.ru; millitochka@mail.ru

ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (УГНТУ),
филиал в г. Стерлитамаке, Российская Федерация

РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ УСТАНОВКИ СЖИГАНИЯ АБГАЗОВ

АННОТАЦИЯ

Из года в год проблема взаимоотношения человека и окружающей среды становится всё более очевидной. Развитие химической и нефтехимической промышленности ставит данные отрасли на одно из первых мест по трудоёмкости подавления вредных выбросов.

ОАО «Башкирская Содовая Компания» г. Стерлитамака — это активно развивающееся предприятие, которое занимает первое место в России по производству кальцинированной и пищевой соды, второе место по выпуску ПВХ, а также входит в тройку крупнейших производителей каустической соды и является одним из лидеров по производству кабельных пластикатов. Широкий спектр высококачественной продукции влечёт за собой многообразие источников и видов выделяющихся вредных веществ. В качестве технического решения по снижению негативного воздействия производства на окружающую среду используются установка по сжиганию абгазов и установка по очистке сточных вод.

Установка сжигания абгазов была введена в эксплуатацию в 1988 г. Мощность производства, достигнутая на 2012 г., по сжиганию абгазов производства эпихлоргидрина и хлористого аллила, производства перхлорэтилена, обогащённых воздухом — 22 800 тыс.нм³/год, абгазов производства винилхлорида — 3400 тыс.нм³/год. Система управления установкой на данный момент построена на элементах пневмоавтоматики, данные приборы давно устарели и постоянно выходят из строя, что приводит к перебоям в работе установки.

Учитывая большие объёмы очищаемых газов в промышленности, в данной статье поднимается вопрос необходимости модернизации автоматизированной системы управления (АСУ) установки сжигания абгазов с целью повышения её эффективности. Перед нами стоит одна основная задача — модернизировать установку с минимальными вложениями предприятия. В качестве метода построения автоматизированной системы управления будет использоваться разделение систем на распределительные системы управления (PCU) и системы противоаварийной защиты (СПАЗ).

Данный проект по модернизации установки сжигания абгазов — свидетельство нашего бережного отношения к окружающей среде.

ВВЕДЕНИЕ

Прошедший 2014 год для Российской промышленности стал не простым во всех отношениях. Упавшие цены на нефть и нестабильное положение рубля подвергли Российскую промышленность испытаниям на стойкость. Политическая и экономическая обстановка вокруг России ограничила доступ к новым зарубежным тех-

нологиям и оборудованию. В сложившихся условиях многие промышленные предприятия, в том числе ранее ориентированные на импортную продукцию, начали обращать свое внимание на аналоги российских производителей.

Отечественные производители оборудования готовы предложить достойные аналоги по существенно меньшей стоимости и зачастую на более выгодных условиях.

Достойное место среди отечественных производителей занимает ЗАО «Экоресурс» (г. Воронеж), работающее на рынке промышленной автоматизации уже более 15 лет. Специалистам хорошо знакомы контроллеры под товарным знаком «БАЗИС». Данная серия зарождалась из простых устройств сигнализации и блокировки, а в настоящий момент содержит в номенклатуре широкий спектр вторичного оборудования, включает мощные программируемые локальные и распределённые системы для сбора информации, оперативного управления, непрерывного и дискретного регулирования и визуализации, способные интегрироваться в существующие АСУ предприятия и системы диспетчеризации.

Исходя из вышеизложенного модернизация будет проводиться на основе программируемого логического контроллера (ПЛК) «БАЗИС-100». Данный контроллер идёт в комплекте с сервисным программным обеспечением, верхний уровень будет реализован при помощи SCADA-системы Trace Mode 6.

1. КОНФИГУРИРОВАНИЕ ПЛК И РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ

Программа конфигурирования контроллера проста и интуитивно понятна. В первом окне программы создаются модули и каналы, необходимые для реализации проекта модернизации (рис. 1).

Затем каждый канал раскрывается и индивидуально настраивается с учётом требований технологического регламента установки сжигания абгазов (рис. 2).

После внесения всех параметров и настроек реализуются программы управления процессом и системы противоаварийной защиты. Рассмотрим реализацию блокировки топки поз. ТП-25 на примере поз. PRSA-241. Для начала создаётся программа и ей присваивается имя (рис. 3).

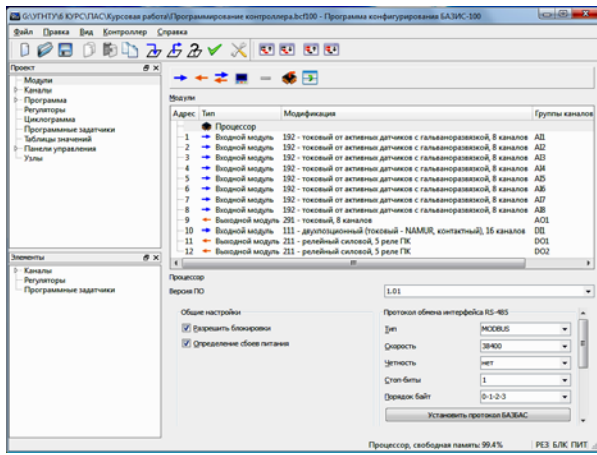


Рис. 1. Общий вид конфигуратора с подключёнными модулями

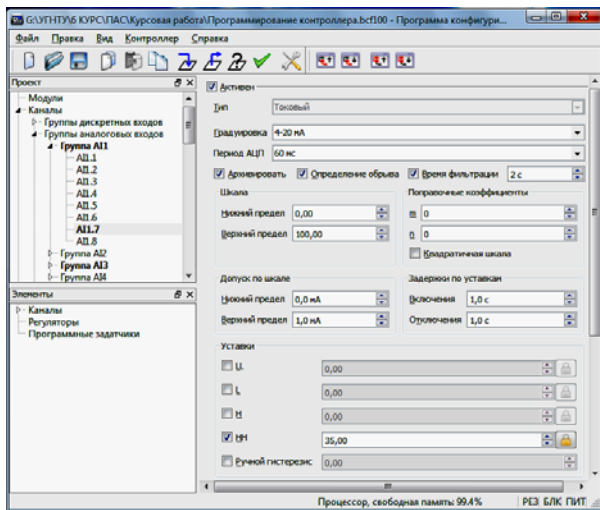


Рис. 2. Настройка входного аналогового канала

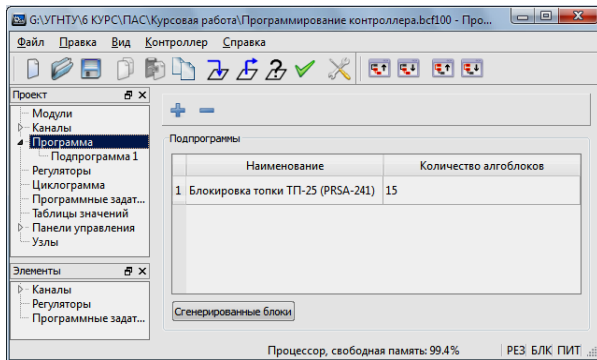


Рис. 3. Окно создания логической программы

Для конфигурирования логической программы используется FBD-подобный язык, и следующий шаг — программирование и описание блоков. Рассмотрим листинг программы bcf100.exe (рис. 4).

Для завершения создания логической программы конфигурирования сигнализации и блокировки точки поз. ТП-25 (PRSA-241) сгенерируем блоки и проверим конфигурацию на ошибки (рис. 5 и 6).

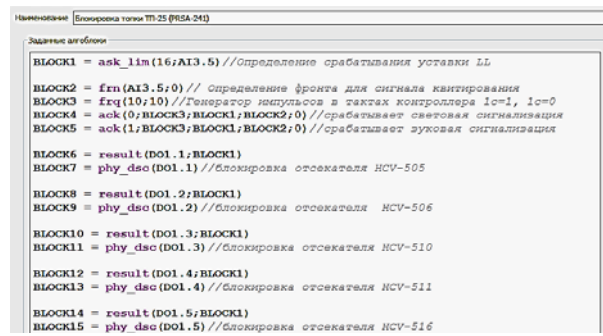


Рис. 4. Листинг логической программы

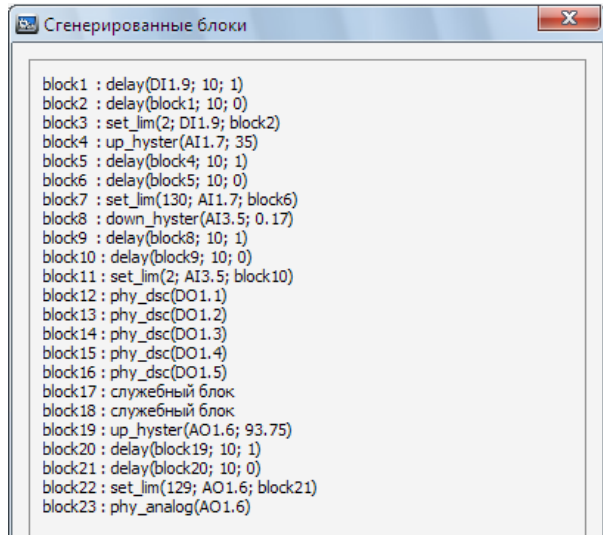


Рис. 5. Сгенерированные блоки

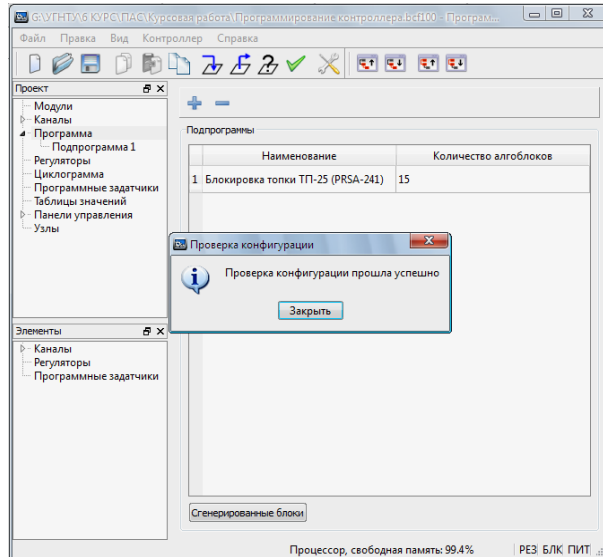


Рис. 6. Окно проверки конфигурации

Таким образом, конфигурирование контроллера не составляет особых трудностей, что является существенным плюсом при построении систем автоматизации.

2. РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА В SCADA-СИСТЕМЕ TRACE MODE 6

При разработке автоматизированной системы управления установкой сжигания абгазов на верхнем уровне в SCADA-системе Trace Mode 6 создадим мнемосхемы управления процессом, тренды измеряемых и регулируемых технологических параметров.



Рис. 7. Главный экран АРМ 1

На «Главном экране» (рис. 7) отображаются кнопки выбора стадии процесса, а также кнопки для перехода к трендам измеряемых и регулируемых параметров для каждой из стадий.

При переходе к первой стадии открывается мнемосхема (рис. 8), где располагаются все аппараты, материальные потоки, а также происходят регистрация и автоматическое регулирование параметров в режиме реального времени.

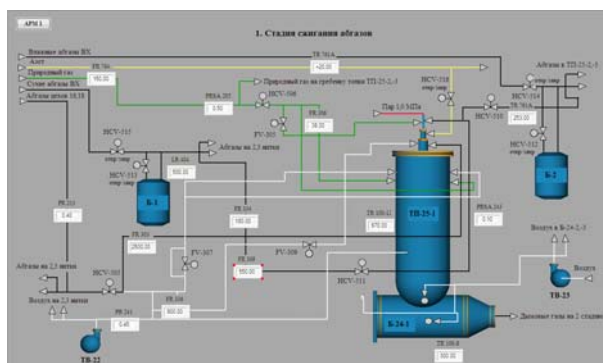


Рис. 8. Мнемосхема стадии сжигания абгазов

При переходе ко второй стадии (рис. 9) открывается мнемосхема, по функциональности не отличающаяся от первой.

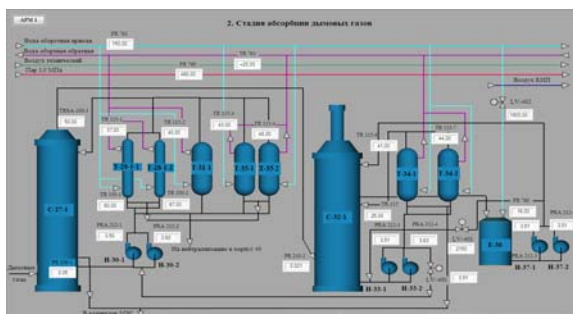


Рис. 9. Мнемосхема стадии абсорбции дымовых газов

Также есть возможность отследить изменения определённых параметров на трендах (рис. 10). На данное окно можно попасть через главный экран.

С любого окна SCADA-системы всегда есть возможность вернуться на главное окно с помощью кнопки АРМ 1, расположенной в левом верхнем углу.

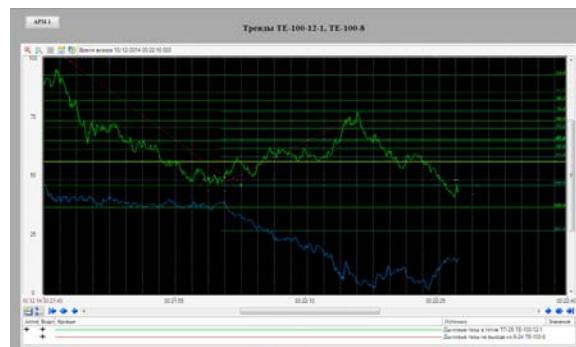


Рис. 10. Тренды параметров TE-100-12-1и TE-100-8

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в данной статье предложен один из способов модернизации установки сжигания абгазов и увеличения её эффективности с минимальными затратами и высокой степенью надёжности.

Программа конфигурирования контроллера позволяет создать надёжную и контролируруемую систему автоматизации с учётом всех особенностей объекта модернизации.

SCADA-система выступает в роли среды визуализации данных в цифровом и графическом видах для задач диспетчерского управления и наглядности протекания технологического процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Системы искусственного интеллекта: учебное пособие** / Е.А. Муравьёва, М.И. Шарипов, Г.А. Каяшева и др. Уфа, 2015.
2. **Сагдатуллин А.М., Муравьёва Е.А., Емекеев А.А.** Классическая теория нечёткого управления в контексте методов дефазификации // Современные проблемы науки и образования в техническом вузе: Материалы II Международной научно-практической конференции. Уфа, 2015. С. 198—204.
3. **Сагдатуллин А.М., Емекеев А.А., Муравьёва Е.А.** Системно-интегративный подход к автоматизации процессов проектирования и контроля разработки нефтегазовых месторождений // Нефтяное хозяйство. 2015. № 3. С. 92—95.
4. **Муравьёва Е.А., Соловьёв К.А., Султанов Р.Г., Соловьёва О.И.** Синтез нечёткого регулятора с заданной многомерной статической характеристикой // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2015. № 1. С. 245—260.
5. **Соловьёв К.А., Муравьёва Е.А., Султанов Р.Г., Соловьёва О.И.** Синтез нечеткого регулятора для управления соотношением расходов «газ воздух» на основе режимной карты // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2015. № 1. С. 275—291.
6. **Sagdatullin A., Emekeev A., Muravyova E.** Intellectual control of oil and gas transportation system by mul-

- tidimensional fuzzy controllers with precise terms // Applied Mechanics and Materials. 2015. Т. 756. С. 633.
7. **Муравьёва Е.А., Сагдатуллин А.М.** Система управления насосной станцией с интерпретацией компенсационной функции совокупностью чётких термов // Учёные записки Альметьевского государственного нефтяного института. 2015. Т. XIII. № 1. С. 363—368.
 8. **Шарипов М.И., Муравьёва Е.А., Каяшев А.И., Багров К.А.** Нечёткие когнитивные модели с представлением характеристик концептов совокупностью аргументов двузначной логики // ITIDS+RRS'2014 Proceedings of the 2 nd International Conference «Information Technologies for Intelligent Decision Making Support». 2014. С. 18—21.
 9. **Емекеев А.А., Сагдатуллин А.М., Муравьёва Е.А.** Интеллектуальное логическое управление электроприводом насосной станцией // Современные технологии в нефтегазовом деле—2014: Сб. трудов международной научно-технической конференции. Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет. 2014. С. 218—221.
 10. **Sagdatullin A., Muravyova E.** Technological processes management by fuzzy controllers with multidimensional precise terms fuzzy regulator // Молодежь и современные информационные технологии: Сборник трудов XII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет. 2014. С. 305—306.
 11. **Каяшев А.И., Шарипов М.И., Муравьёва Е.А., Багров К.А.** Когнитивные карты с интерпретацией концептов и связей между ними совокупностью аргументов двузначной логики // Материалы XII всероссийского совещания по проблемам управления ВСПУ-2014. Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2014. С. 4126—4131.
 12. **Verbally** defined processes controlled by fuzzy controllers with input/output parameters represented by set of precise terms / A. Kayashev, E. Muravyova, M. Sharipov et al. // Proceedings of 2014 International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems. MEACS. 2014. С. 698.
 13. **Соловьёв К.А., Муравьёва Е.А., Султанов Р.Г.** Адаптация нечёткого регулятора / Нефтегазовое дело, 2014. Т. 12. № 3. С. 123.
 14. **Соловьёв К.А., Муравьёва Е.А., Султанов Р.Г.** Адаптация нечёткого регулятора // Нефтегазовое дело. 2014. № 12-3. С. 123—128.
 15. **Муравьёва Е.А., Сагдатуллин А.М., Емекеев А.А.** Artificial intelligence and artificial neural network in images recognition // Материалы научной сессии учёных Альметьевского государственного нефтяного института. 2014. Т. 1. № 2. С. 98—101.
 16. **Муравьёва Е.А., Шарипов М.И., Маннанов Ф.Ф.** Система автоматизации отопления при помощи инфракрасных обогревателей механического цеха на ОАО «Красный Пролетарий» // Научные труды SWorld. 2014. Т. 2. № 4. С. 64—66.
 17. **Муравьёва Е.А.** Автоматизированное управление промышленными технологическими установками на основе многомерных логических регуляторов. Автореферат дис. ... докт. техн. наук. Уфа: Уфимский государственный авиационно-технический университет, 2013.
 18. **Муравьёва Е.А.** Автоматизированное управление технологическими установками на основе многомерных логических регуляторов (на примере процессов термообработки). Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2013.
 19. **Муравьёва Е.А.** Автоматизированное управление промышленными технологическими установками на основе многомерных логических регуляторов (на примере процессов термообработки): Дис.... докт. техн. наук. Уфа: Уфимский государственный авиационно-технический университет, 2013.
 20. **Муравьёва Е.А.** Методология автоматизированного управления многосвязными технологическими процессами, реализованная на многомерных чётких логических регуляторах // Современные проблемы науки и образования в техническом вузе: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Уфа, 2013. С. 102—107.
 21. **Об одном** подходе к математическому моделированию автоматизированных систем управления технологическими процессами на основе миварных технологий / Г.С. Сергушин, М.О. Чибирова, О.О. Варламов и др. В кн. Системы и средства искусственного интеллекта, 2013. С. 192—195.
 22. **Информационное** моделирование сложных систем управления технологическими процессами на основе миварных АСУТП / Г.С. Сергушин, О.О. Варламов, М.О. Чибирова, и др. В кн. Информационная безопасность // Материалы XIII Международной научно-практической конференции, 2013. С. 19—27.
 23. **Муравьёва Е.А., Шарипов М.И., Наянзина Н.В.** Автоматизированная система программной реализации многомерных чётких логических регуляторов // Малоотходные, ресурсосберегающие химические технологии и экологическая безопасность: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Уфа: Филиал ФГБОУ ВПО УГНТУ в г. Стерлитамаке, 2013. С. 305—306.
 24. **О математическом** моделировании автоматизированных систем управления на основе миварных технологий / Г.С. Сергушин, М.О. Чибирова, О.О. Варламов и др. // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям IS IT'13. М., 2013. С. 322—325.
 25. **Математическое** моделирование автоматизированных систем управления на основе миварных технологий / Г.С. Сергушин, М.О. Чибирова, О.О. Варламов и др. // Информация и образование: границы коммуникаций. 2013. № 5 (13). С. 143—145.
 26. **Каяшев А.И., Муравьёва Е.А., Габитов Р.Ф.** Чёткий логический регулятор для управления технологическими процессами. Патент на изобретение RUS 2445669 15.02.2010.
 27. **Сазонова Т.В., Яппаров Ф.К., Муравьёва Е.А.** Автоклав. Патент на полезную модель RUS 118566 27.02.2012.
 28. **Гузаиров М.Б.** Управление технологическими процессами, реализованное на четких логических регуляторах. М., 2012.
 29. **Муравьёва Е.А., Варламов О.О.** Об особенностях реализации миварной концепции в системах управления многосвязными технологическими процессами на основе чётких логических регуляторов. В кн. Научная сессия НИЯУ МИФИ — 2012. АННОТАЦИИ ДОКЛАДОВ / под ред. О.Н. Голотюк. 2012. С. 277.
 30. **Богданов А.В., Муравьёва Е.А., Сазонова Т.В.** Многомерный чёткий логический регулятор с отработкой производственных правил в ситуационных подпрограммах // Вестник Оренбургского государственного университета, 2012. № 4 (140). С. 248—252.

31. **Гузайров М.Б., Муравьева Е.А., Соловьев К.А.** Компьютерная модель функции выходной мощности паровой винтовой машины // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2012. Т. 16. № 1 (46). С. 106—111.
32. **Муравьева Е.А.** Интеллектуальное управление многосвязными объектами, реализованное в ситуационных подпрограммах // Программные продукты и системы. 2012. № 4. С. 145.
33. **Муравьева Е.А.** Интеллектуальное управление многосвязными объектами, реализованное в ситуационных подпрограммах // Программные продукты и системы. 2012. № 4. С. 30.
34. **Каяшев А.И., Муравьева Е.А.** Проектирование систем управления дискретным производством в среде Trase Mode 6: учебное пособие. Уфа: Уфимский гос. авиационный технический ун-т, 2011.
35. **Каяшев А.И., Муравьева Е.А., Габитов Р.Ф.** Обоснование размерности регулятора для печи прокалики микросферических катализаторов крекинга // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2011. № 10. С. 36—42.
36. **Каяшев А.И., Муравьева Е.А., Габитов Р.Ф.** Оптимизация температурного режима прокалики катализаторов крекинга по экономическим показателям технологического процесса // Башкирский химический журнал. 2011. Т. 18. № 2. С. 106-110.
37. **Каяшев А.И., Полякова Л.Ю., Сазонова Т.В., Муравьева Е.А.** Чёткий логический регулятор температуры в автоклаве для производства газосиликатных шлакоблоков // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2011. Т. 15. № 2 (42). С. 114—118.
38. **Guzairov M.B., Gabitov R.F., Kayashev A.I., Muraviova E.A.** Autoregressive neural network for model predictive control of multivariable cracking catalyst calcinatory // Optical Memory & Neural Networks (Information Optics). 2011. Т. 20. № 3. С. 216—223.
39. **Габитов Р.Ф., Каяшев А.И., Муравьева Е.А.** Управление печью прокалики цеолитсодержащих катализаторов крекинга нефтепродуктов методом плавающего горизонта с использованием нейросетевой модели // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2010. № 12. С. 12—19.
40. **Каяшев А.И., Муравьева Е.А., Полякова Л.Ю., Сазонова Т.В.** Чёткий логический регулятор температуры в автоклаве для производства газосиликатных шлакоблоков // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета, 2010. Т. 5. № 2. С. 114.
41. **Каяшев А.И., Муравьева Е.А., Габитов Р.Ф.** SCADA-система на основе многомерного четкого логического регулятора для управления цементной печью // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2010. Т. 14. № 4 (39). С. 119—125.
42. **Муравьева Е.А., Антипин А.Ф.** Многомерный дискретно-логический регулятор расхода воздуха парового котла с минимизацией времени отклика // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2009. Т. 13. № 2. С. 83-87.
43. **Муравьева Е.А.** Интегрированные системы проектирования и управления: учебное пособие. Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет в г. Стерлитамаке, 2008.
44. **Каяшева Г.А., Муравьева Е.А., Байманов И.Ф.** Дискретно-логическая система регулирования величины рН электролита в производстве хлора методом электролиза // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2008. № 1. С. 10.
45. **Муравьева Е.А., Каяшева Г.А.** Нечеткие регуляторы с ану-тайм алгоритмом минимизации времени фазификации параметров технологических процессов в совокупность четких термов // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2008. Т. 10. № 2. С. 53—57.
46. **Каяшев А.И., Муравьева Е.А., Каяшева Г.А.** Структурная схема нечёткого регулятора на основе лингвистических переменных с чёткими термами // Программные продукты и системы. 2008. № 4. С. 108.
47. **Каяшев А.И., Муравьева Е.А., Каяшева Г.А.** Структурная схема нечёткого регулятора на основе лингвистических переменных с чёткими термами // Программные продукты и системы. 2008. № 4. С. 34.
48. **Муравьева Е.А., Каяшева Г.А.** Нечёткий регулятор с лингвистической обратной связью для управления технологическими процессами. Патент на изобретение RUS 2309443 09.03.2006.
49. **Муравьева Е.А.** Управление химико-технологическими процессами с идентификацией отклонения терм-множеством лингвистических переменных // Башкирский химический журнал. 2006. Т. 13. № 3. С. 104—108.
50. **Каяшев А.И., Муравьева Е.А.** Синтез логических структур химико-технологических систем на основе последовательностных уравнений // Башкирский химический журнал. 2006. Т. 13. № 3. С. 97—100.
51. **Алетдинов Р.Ф., Волкова Т.А., Шишкина А.Ф.** Электростатический вольтметр для определения параметров электрического поля на борту самолета // Авиакосмическое приборостроение. 2015. № 10. С. 47—52.
52. **Суханова Н.Н., Шишкина А.Ф.** Напряженно-деформированное состояние зоны стружкообразования как основа теплофизического анализа при управлении изменении подачи // Авиакосмическое приборостроение. 2015. № 10. С. 64—70.

G.A. Kayasheva, M.I. Sharipov, A.M. Ishmuratova

gakayasheva@mail.ru; sharipovm@mail.ru; millitochka@mail.ru
Sterlitamak branch of Ufa State Petroleum Technological University, Russia

THE AUTOMATED CONTROL SYSTEM EXHAUST GAS COMBUSTION FACTORY INSTALLATION

SUMMARY

The development of chemical and petrochemical industry takes one of the first places in the complex of the suppression of harmful emissions. This article raises the question of the necessity of modernization of gas cleaning units for the purpose of increasing their effectiveness.

ПРИМЕНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ЭСКИЗНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

АННОТАЦИЯ

Рассматривается методика эскизного проектирования гибкой производственной системы, предназначенной для механической обработки группы деталей и сборочной единицы, на основе разработанного программного обеспечения виртуального моделирования. Предлагаемая методика позволяет определить основные параметры гибкой производственной системы и отладить алгоритм её работы на ранней стадии проектирования.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из эффективных путей повышения производительности в авиационном и машиностроительном производстве является применение гибких производственных систем (ГПС) для механической обработки группы деталей и сборочных единиц (ДСЕ). Преимущество использования ГПС по сравнению с традиционной организацией производственного участка достигается за счёт более эффективного использования дорогостоящего основного технологического оборудования, производственных ресурсов и площадей предприятия. Одной из самых ответственных стадий проектирования ГПС является этап эскизного проектирования (технического предложения). От правильности принятых решений на данном этапе зависит успешность проекта в целом. Применение программного обеспечения виртуального моделирования позволяет определить основные характеристики проектируемой ГПС.

1. ОПИСАНИЕ ИССЛЕДУЕМОГО ОБЪЕКТА

В целях повышения эффективности ГПС была выбрана следующая группа ДСЕ и размеры годовой программы их выпуска (рис. 1):

- деталь «Кольцо наружное» (3250 шт.);
- сборочная единица «Лопатка вентилятора после фрезеровки» (200 шт.);



Рис. 1. Заданная группа ДСЕ

- детали «Заготовка корыта/спинки для диффузионной сварки» (200 шт.).

Эта группа ДСЕ изготавливается на ОАО «Уфимское моторостроительное производственное объединение (УМПО)» [1].

На основе системного анализа базовых технологических процессов (ТП) изготовления заданной группы ДСЕ авторами разработаны новые ТП с использованием мехатронного станочного оборудования с числовым программным управлением (далее — станков). Результат структурного синтеза компоновки ГПС для механической обработки группы ДСЕ приведён на рис. 2. В состав компоновки ГПС входит следующее основное и вспомогательное оборудование:

- фрезерный обрабатывающий центр Matsuura MAM72-100H [2];
- два фрезерных обрабатывающих центра Matsuura Ra4G [2];
- спутник паллет (СП), осуществляющий функции транспортировки, загрузки и разгрузки ДСЕ [3];
- станция загрузки (СЗ), предназначенная для загрузки и разгрузки заготовок и готовых ДСЕ оператором ГПС;
- накопитель паллет (НП), выполняющий функцию временного хранения заготовок и готовых ДСЕ [3].

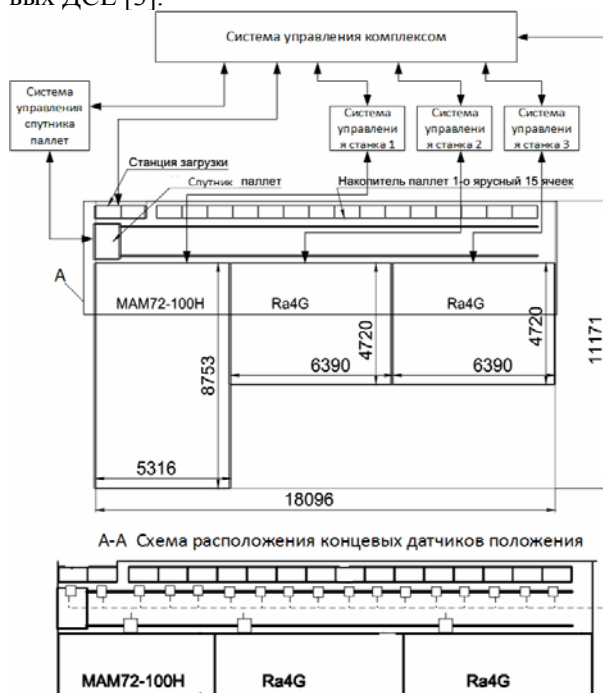


Рис. 2. Структурно-компоновочная схема ГПС

2. ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГПС

В целях повышения эффективности проектируемой ГПС система управления предоставляет возможность механической обработки на станках различных групп ДСЕ без перепрограммирования. Таким образом, переход к изготовлению новых ДСЕ будет заключаться только в написании соответствующих управляющих программ (УП) для станков ГПС.

Система управления ГПС является централизованной. В центре находится персональная ЭВМ, которая осуществляет функции управления и диспетчеризации ГПС. Центральная ЭВМ имеет связь с системами ЧПУ станков, что позволяет в автоматическом режиме передавать УП для обработки новых ДСЕ. Интеграция ГПС в единое информационное пространство предприятия позволяет получать актуализированные наборы данных о технологических процессах и управляющих программах для механической обработки группы ДСЕ.

Укрупнённая структура системы управления ГПС представлена на рис. 3. Центральная ЭВМ отправляет управляющие команды на контроллер СП. Позиционирование СП осуществляется по концевым датчикам положения, расположенным вдоль всего транспортного пути ГПС. Конечное позиционирование исполнительных узлов СП осуществляется также концевыми датчиками, а промежуточное позиционирование реализовано встроенными датчиками оборотов в комплектных приводах СП.

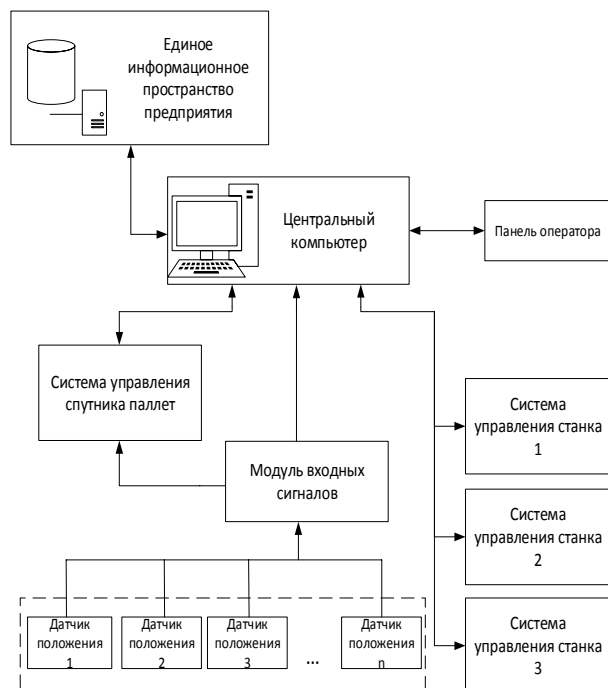


Рис.3. Структура системы управления ГПС

Контроль процесса заполнения НП ДСЕ осуществляется на основе разработанного программного обеспечения (ПО) без использования дополнительных датчиков в НП.

Процесс загрузки и разгрузки группы ДСЕ в ГПС с помощью СЗ осуществляется и контролируется оператором с помощью панели управления оператора.

3. ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА РАБОТЫ ГПС

Разработанный алгоритм работы ГПС предназначен для реализации эффективного взаимодействия основного и вспомогательного оборудования ГПС [3]. После загрузки новой ДСЕ в ГПС система управления получает информацию о технологическом процессе механической обработки этой ДСЕ. Далее определяется станок для механической обработки ДСЕ. Если станок свободен, СП перемещает ДСЕ на этот станок, иначе ДСЕ временно направляется в НП ГПС. После механической обработки готовая ДСЕ отправляется на СЗ, а в случае, если позиция СЗ занята (например, оператор ГПС устанавливается ДСЕ в приспособление на паллете), то такая ДСЕ перемещается для временного хранения в НП. После окончания механической обработки на станок направляется новая ДСЕ из СЗ или из ячейки НП. Если в текущий момент цикла работы ГПС СЗ простаивает, то на неё направляются ранее изготовленные ДСЕ из НП.

Таким образом, в предлагаемом алгоритме работы ГПС отсутствует заранее определённая последовательность функций (действий), которые соответствовали реализации заранее заданного ТП механической обработки ДСЕ. Маршрутизация перемещения ДСЕ в ГПС осуществляется автоматически, следовательно, компоновка ГПС может быть изменена, например добавлен новый станок; реализована механическая обработка новой группы ДСЕ без перепрограммирования системы управления ГПС.

4. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ВИРТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГПС

Для виртуального моделирования ГПС было разработано программное обеспечение (ПО) на основе симулятора роботов *V-Rep* [4].

Разработанное ПО реализует предложенный алгоритм работы и систему управления ГПС. Взаимодействие с симулятором роботов реализовано с помощью *API (Application Programming Function)*-функций *V-Rep*.

Структура разработанного ПО представлена на рис. 4.

Виртуальная модель ГПС, разработанная в симуляторе роботов *V-Rep*, представлена на рис. 5.

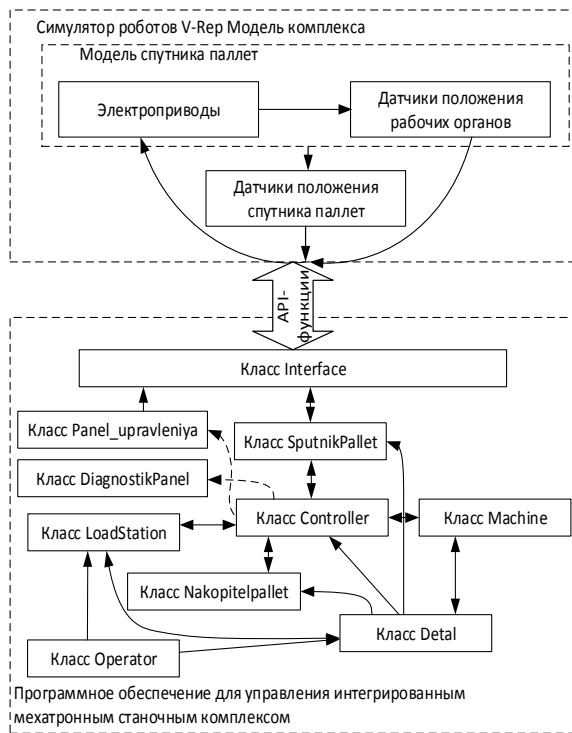


Рис. 4. Структура ПО для виртуального моделирования ГПС

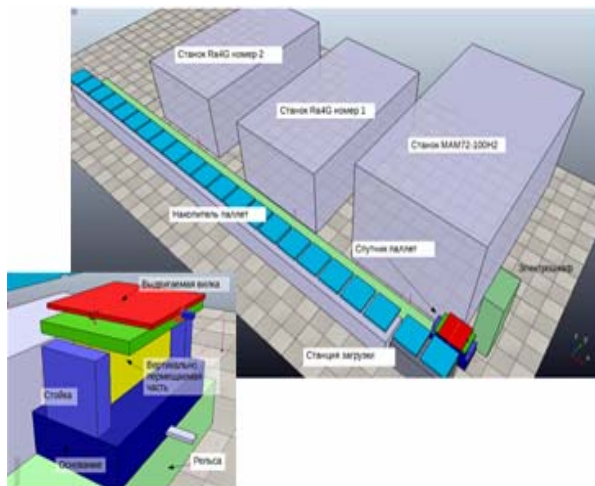


Рис. 5. Виртуальная модель ГПС

Виртуальная модель СП представляет собой набор фигур, имеющих форму параллелепипеда. Электроприводы исполнительных узлов СП моделировались как приводы линейного перемещения. Концевые датчики моделировались как оптические датчики. Станки моделировались в виде параллелепипедов, имеющих габаритные размеры, соответствующие паспортным данным. Моделирование процесса механической обработки группы ДСЕ осуществлялось на основе результатов расчётов технологических норм времени. Моделирование НП и СЗ осуществлялось в виде набора фигур в форме параллелепипеда, расположение которых соответствует положению отдельных ячеек.

Разработанное ПО для виртуального моделирования ГПС осуществляет считывание наборов

данных с датчиков положения, а также передаёт управляющие команды на приводы СП. Время в симуляторе и разработанном ПО синхронизировано, что обеспечивает возможность ускорения процесса симуляции при правильном расчёте временных параметров. На форме ПО «Панель оператора» осуществляется контроль реализации алгоритма работы ГПС и текущих данных о состоянии оборудования ГПС.

5. ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГПС

Исходными данными для моделирования ГПС являются:

- структурно-компоновочная схема (см. рис. 2) и виртуальная модель ГПС (см. рис. 5);
- маршрутные карты изготовления ДСЕ;
- алгоритм работы ГПС.

В результате виртуального моделирования ГПС реализована возможность количественной оценки эффективности проектируемой компоновки ГПС и алгоритма её работы. Информация о группе ДСЕ включает сведения о технологических операциях и затратах времени на механическую обработку, а также число ДСЕ, обрабатываемых за цикл работы ГПС. Для заданной группы ДСЕ набор технологических операций представлен в табл. 1.

Таблица 1

№ п/п	Наименование операции	T_0 , мин
Заготовка корыта/спинки для диффузионной сварки – идентификатор 1/2, число деталей 1×2		
1	Фрезерная с ЧПУ	133,5×2
2	Фрезерная с ЧПУ	50×2
3	Фрезерная с ЧПУ	60,93×2
4	Фрезерная с ЧПУ	191,7×2
5	Фрезерная с ЧПУ	916,7×2
Итого		1353×2
Лопатка вентилятора после фрезеровки — идентификатор 3, число деталей 1		
1	Фрезерная с ЧПУ	288,4
Кольцо наружное — идентификатор 4, число деталей 16		
1	Фрезерная с ЧПУ	30
2	Фрезерная с ЧПУ	33
3	Фрезерная с ЧПУ	5
Итого		68

Цикл работы проектируемой ГПС был принят равным трём рабочим сменам по восемь часов каждая.

Процесс виртуального моделирования работы ГПС отражается на главной форме разработанного ПО «Панель оператора» (рис. 6).

На этой форме осуществляются следующие действия: запуск виртуального моделирования ГПС; контроль текущего состояния элементов ГПС.

На форме «Панель оператора» представлена следующая информация о реализации процесса моделирования работы ГПС:

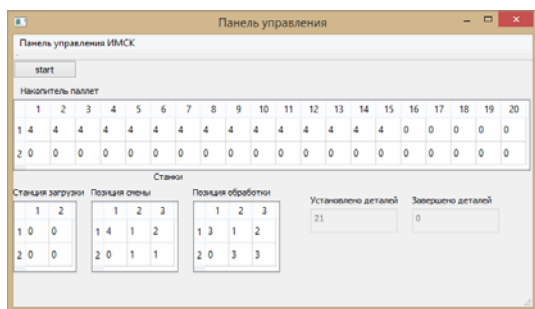


Рис. 6. Форма «Панель оператора»

- состояние НП. В текущий момент времени показана его максимальная величина заполнения (15 ячеек);
- состояние СЗ;
- состояние станков. Каждый станок имеет устройство смены паллет и, следовательно, две позиции: смены и механической обработки ДСЕ;
- количество загруженных и обработанных ДСЕ.

В ходе реализации моделирования автоматически формируется временная циклограмма работы ГПС. Этот результат работы программы выводится на пользовательскую форму «Вывод временной циклограммы» (рис. 7).

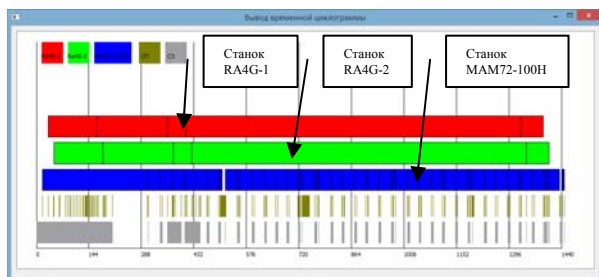


Рис. 7. Форма «Вывод временной циклограммы»

Временная циклограмма работы ГПС отражает загруженность основного и вспомогательного оборудования ГПС. Как видно из рис. 7, простои станков в ГПС минимальны, что говорит об их эффективном использовании.

Весь цикл механической обработки группы ДСЕ завершился за 1440 мин, что соответствует заданной продолжительности цикла работы ГПС.

По результатам виртуального моделирования ГПС можно сделать следующие выводы:

- требуемая ёмкость НП составляет 15 ячеек;
- разработанный алгоритм работы ГПС позволяет обеспечивать бесперебойную работу ГПС

A.A. Kitaev, K.S. Kulga

Notevill@gmail.com

«Ufa State Aviation Technical University», Ufa

APPLICATION OF VIRTUAL SIMULATION IN THE CONCEPTUAL DESIGN OF FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEMS

SUMMARY

The technique of conceptual design flexible manufacturing system for machining a group of parts and assembly units, based on the software developed virtual simulation. The offered technique allows to determine key parameters of a flexible manufacturing system and to debug algorithm of its work at an early design stage.

в течение заданной продолжительности цикла и отвечает требованиям по производительности изготовления заданной группы ДСЕ.

Результат эскизного проектирования ГПС для механической обработки заданной группы ДСЕ приведён на рис. 8.

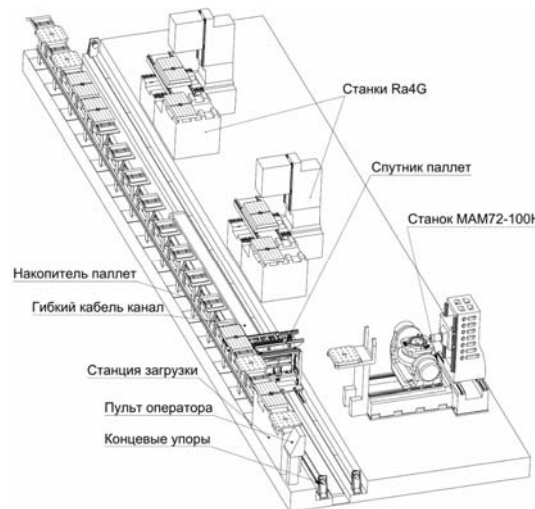


Рис. 8. Общий вид ГПС

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана и апробирована методика эскизного проектирования ГПС на основе структурного синтеза компоновки ГПС, а также создания алгоритмического и программного обеспечения для виртуального моделирования работы основного и вспомогательного оборудования ГПС. Результаты работы могут быть использованы при эскизном проектировании компоновок ГПС для механической обработки группы ДСЕ в авиационном и машиностроительном производстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **ОАО «Уфимское моторостроительное производственное объединение»**// ОДК. 2015. URL: <http://www.umpo.ru> (дата обращения 15.11.2015 г.).
2. **Matsuura** // Premium Machine Tool Manufacturer. 2015. URL: <http://www.matsuura.co.jp> (дата обращения 15.11.2015 г.).
3. **Применение** программного обеспечения САХ-систем и виртуального моделирования для проектирования компоновок гибких производственных систем / К.С. Кульга, А.А. Китаев, И.О. Сидоров, Д.Г. Кожин // СТИН. 2015. №12. С. 6—14.
4. **V-Rep** // Virtual robot experimentation platform. 2015. URL: <http://www.coppeliarobotics.com> (дата обращения 15.11.2015 г.).

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ С ВВЕДЕНИЕМ СИМУЛЯТОРА ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

АННОТАЦИЯ

В данном докладе рассматриваются вопросы построения имитационных моделей систем автоматического управления различными техническими объектами с целью повышения эффективности освоения научной дисциплины «Теория автоматического управления». В частности, доклад посвящён разработке компьютерной модели, реализующей исследование алгоритмов адаптивной коррекции управляющих воздействий приводов робототехнических систем.

ВВЕДЕНИЕ

Моделирование является важнейшим и неотъемлемым этапом процедуры проектирования современных технических устройств и систем. В настоящее время сложно представить себе специалиста, не способного проверить моделированием обоснованность принятых технических решений. Соответственно постоянно возрастает роль моделирования в учебном процессе. При подготовке курсовых и выпускных квалификационных работ по дисциплинам, связанным с разработкой и исследованием технических устройств, этап создания и использования соответствующих математических моделей является одним из основных.

1. РОЛЬ МОДЕЛИРОВАНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Цель преподавания дисциплины «Теория автоматического управления» — подготовка высококвалифицированного специалиста, знающего основы теории автоматического управления и умеющего выполнять исследовательские и расчётные работы по созданию и внедрению в эксплуатацию автоматических систем с широким использованием средств современной вычислительной техники.

Наиболее эффективное усвоение учебного материала происходит не в процессе пассивного чтения текстовой информации либо столь же пассивного прослушивания лекции в любом её виде (натуральном, мультимедийном, видеозаписи и пр.), а в процессе активного взаимодействия с объектом изучения. Последнее возможно либо на этапе лабораторного экспериментирования, либо на этапе имитационного моделирования, т.е. там, где учащийся сам может воздействовать на объект изучения или его модель и получить реакцию на это воздействие [1]. Имитационная модель обладает гибкостью варьирования структуры,

алгоритмов и параметров моделируемой системы, что важно с точки зрения поиска оптимального варианта построения системы.

Разработка и создание имитационных моделей различных технических объектов управления и реализация на них базовых методов управления являются неотъемлемым направлением повышения эффективности освоения данной научной дисциплины.

При управлении техническими системами в настоящее время широко используются достаточно сложные алгоритмы — скользящие, подчинённые, модальные, векторные, адаптивные, применение которых позволяет эффективно решать широкий круг задач управления техническими объектами.

2. ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ АДАПТАЦИИ, УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ПРИВодОВ С СИМУЛЯТОРОМ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Цель управления в ряде мехатронных и робототехнических систем состоит в обеспечении технологического процесса, выполняемого по некоторой заранее заданной или неопределённой траектории с обеспечением требуемого вектора усилия при внешних флуктуирующих возмущениях. Характерными процессами управления для таких систем являются операции сопряжения двух деталей, выполняемых роботами по сопрягающей траектории с заданным усилием, управление приводами в станках с ЧПУ и др. Эта проблема также имеет место в случаях, когда действительная траектория отличается от программной, (например, при управлении движением мобильных роботов) и требуется переход на фактическую. Это определяется в свою очередь неточностью базирования или неопределённостью её расположения в пространстве.

Наряду с известными для этих целей методами построения систем автоматического управления (САУ), основанных на введении в прямую контур или в цепи обратных связей корректирующих звеньев или использования нелинейной коррекции, применяется комбинированное управление. В последнем случае управление основано на положениях теории инвариантности. По сравнению с другими методами коррекции введение инвариантных входов повышает точ-

ность, не изменяя свойств замкнутого контура системы.

Рассмотрим этот вопрос в следующей постановке. Имеется система с номинальными управлением $g_0(p)$ и возмущением на выходе $f_0(p)$. Последнее обусловлено создаваемым на выходе силовым воздействием при выполнении технологического процесса. По различным технологическим факторам имеется отклонение фактического усилия от расчётного на величину $\Delta f(p)$. Необходимо ошибку, обусловленную составляющей $\Delta f(p)$, скомпенсировать дополнительным управлением $\Delta g(p)$.

Для физической реализации формирования Δg необходимо выделить составляющую ошибки, пропорциональную Δf . Для этого можно использовать информацию с силомоментных датчиков или обработать сигнал тока исполнительного двигателя. В случае бесконтактного технологического процесса (сварка, гидрорезание) для этого необходима внешняя система ориентации рабочей поверхности. При их отсутствии эту составляющую можно получить обработкой суммарной ошибки в контуре системы.

Составляющие ошибки по возмущающему воздействию можно представить в виде ряда

$$\delta(t) = \delta_{мс}(t) + \delta_{мк}(t) + \delta_{мд}(t) + \dots, \quad (1)$$

где $\delta_{мс}, \delta_{мк}, \delta_{мд}$ — соответственно статическая, кинетическая и динамическая ошибки по возмущению.

Для формирования алгоритмов дополнительного управления используется методика, предложенная в работах [2—4]. Введём для оценки точности условную ошибку

$$\delta_m^2(t) = \lambda_1 \delta_{мс}^2(t) + \lambda_2 \delta_{мк}^2(t) + \lambda_3 \delta_{мд}^2(t) + \dots \quad (2)$$

Ряд (2) ограничим тремя членами, соответствующими вариантам изменения закона возмущающего воздействия: постоянного, с постоянной скоростью и ускорением. Представим их как интегральные квадратичные функции от соответствующих составляющих ряда (2):

$$\begin{aligned} \delta_{мс}^2(t) &= \beta_0 \int_0^t \delta_{мс}^2(t) dt; \\ \delta_{мк}^2(t) &= \beta_1 \int_0^t \delta_{мк}^2(t) dt; \\ \delta_{мд}^2(t) &= \beta_2 \int_0^t \delta_{мд}^2(t) dt. \end{aligned} \quad (3)$$

Для рассматриваемой совокупности минимизация каждой составляющей ряда (2) с учётом (3) может быть обеспечена формированием эквивалентной составляющей управляющего воздействия U_0, U_1, U_2 при выполнении условий

$$\begin{aligned} \frac{\partial \delta_{мс}^2(t, U_0)}{\partial U_0} &= \beta_0 \int_0^{t_i} \delta_{мс}(t, U_0) \frac{\partial \delta_{мс}(t, U_0)}{\partial U_0} dt = 0; \\ \frac{\partial \delta_{мк}^2(t, U_1)}{\partial U_1} &= \beta_1 \int_0^{t_j} \delta_{мк}(t, U_1) \frac{\partial \delta_{мк}(t, U_1)}{\partial U_1} dt = 0; \\ \frac{\partial \delta_{мд}^2(t, U_2)}{\partial U_2} &= \beta_2 \int_0^{t_k} \delta_{мд}(t, U_2) \frac{\partial \delta_{мд}(t, U_2)}{\partial U_2} dt = 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Анализируя выражения (4) и полагая, что переменными являются только параметры U_i , можно записать

$$\begin{aligned} \frac{\partial \delta_{мс}(t, U_0)}{\partial U_0} &= v_0 X; \\ \frac{\partial \delta_{мк}(t, U_1)}{\partial U_1} &= v_1 V; \\ \frac{\partial \delta_{мд}(t, U_2)}{\partial U_2} &= v_2 \varepsilon. \end{aligned} \quad (5)$$

Формирование корректирующих поправок для закона управления выполняется методом последовательных приближений. Изменение параметров можно полагать пропорциональным изменению самой функции, тогда алгоритмы контуров формирования корректирующих сигналов определяются как

$$\begin{aligned} U_0 &= v_0 \int_0^{t_i} \delta_{мс}(t, U_0) g_n dt; \\ U_1 &= v_1 \int_0^{t_j} \delta_{мк}(t, U_1) V_n dt; \\ U_2 &= v_2 \int_0^{t_k} \delta_{мд}(t, U_2) \varepsilon_n dt. \end{aligned} \quad (6)$$

Рассмотрим особенности реализации условий формирования $U_i, j < 0, 1, 2 >$, при детерминированных стационарных управляющих воздействиях.

1. Управляющее воздействие $g(t) = g_1 = \text{const}$:

$$U_0 = v_0 \int_0^{t_i} \delta_{мс} g_1 dt \quad \text{или} \quad U_0^* = v_0^* \int_0^{t_i} \delta_{мс} dt, \quad (7)$$

где $v_0^* = v_0 \beta_0$.

2. Управляющее воздействие $g(t) = V_1 t, V_1 = \text{const}$:

$$U_1 = v_1 \int_0^{t_j} \delta_{мк}(t) V_1 dt.$$

Если корректирующую поправку формировать как поправку координаты задания, то

$$U_1^* = v_1^* \int_0^{t_j} \int_0^{t_j} \delta_{мк}(t) (dt)^2, \quad (8)$$

где $v_1^* = v_1 \beta_1$.

3. Управляющее воздействие $g(t) = \frac{\varepsilon_1 t^2}{2}$;

$\varepsilon_1 = \text{const}$:

$$U_2 = v_2 \int_0^{t_k} \delta_{\text{МД}}(t) \varepsilon_1 dt.$$

Аналогично предыдущему составляющая поправка в задании координаты будет

$$U_2^* = v_2 \int_0^{t_k} \int_0^{t_k} \int_0^{t_k} \delta_{\text{МД}}(t) (dt)^3, \quad (9)$$

где $v_2^* = v_2 \beta_2$.

Дополнительная составляющая, сформированная по алгоритмам согласно (7)—(9), обеспечивает выполнение условия четвёртой формы инвариантности. Алгоритмы (7)—(9) в зависимости можно разделить на две группы или два способа формирования дополнительного управления.

Структурная схема САУ с формированием дополнительного управления представлена на рис. 1. На схеме обозначены: g, f — управляющее и возмущающее воздействия привода соответственно; X — непосредственно регулируемая координата; δ — суммарная ошибка системы; Δf — отклонение фактического усилия от расчётного; $\delta_{\Delta f}$ — ошибка, обусловленная действие Δf .

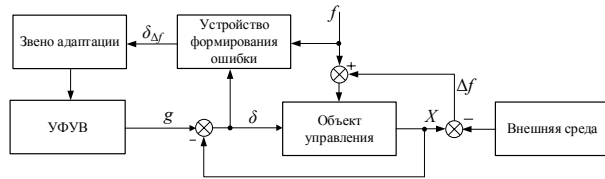


Рис. 1. Структурная схема САУ с формированием дополнительного управления

Первый способ предусматривает формирование дополнительной составляющей в уже сформированное управляющее воздействие. Дополнительная составляющая является функцией моментной ошибки от нерасчётного возмущения. Второй способ состоит в коррекции программной траектории при её разложении в интерполяторе на управляющие для приводов воздействия на стадии формирования управляющего для приводов воздействия в устройстве формирования управляющего воздействия (УФУВ) [5].

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Имитационная модель адаптации задающего воздействия привода, реализованная в среде пакета программы MatLab — Simulink, представлена на рис. 2. В данной структуре формирование дополнительной составляющей управления происходит в уже сформированное управляющее воздействие (способ 1).

Объектом исследования является привод перемещения с главной обратной связью по положению исполнительного механизма. Привод включает в себя два внутренних контура: по напряжению и частоте вращения двигателя и ПИД-регулятор. Главное возмущающее действие обусловлено геометрически-силовым взаимодействием приводов (смежная координата реализована в виде симулятора внешней среды), без учёта которого, о чём свидетельствуют проведённые исследования, выходная координата привода имеет ошибку порядка 5—10 % от величины задающего сигнала.

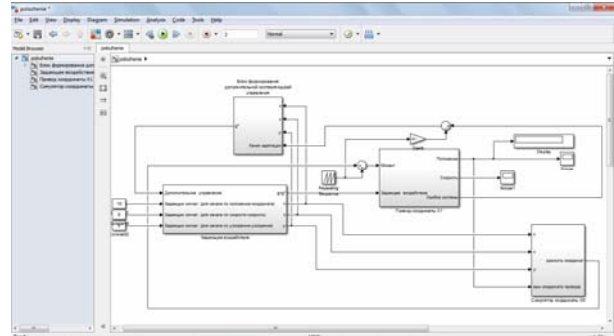


Рис. 2. Имитационная модель адаптации задающего воздействия привода

Модель симулятора смежной координаты представлена на рис. 3. В зависимости от вида сигнала задания выходная координата симулятора описывается следующими уравнениями.

Случай 1. Канал адаптации по положению

$$X_0 = \begin{cases} (X_1 \pm (0,01 \div 0,1) X_1) \forall x(t) = X_1; \\ (X_1 \pm (0,01 \div 0,1) X_1) \sin \omega t \forall x(t) = X_1, \end{cases}$$

где X_0, X_1 — выходная координата симулятора внешней среды и регулируемая координата исследуемого привода соответственно.

Случай 2. Канал адаптации по скорости

$$X_0 = (V_1 \pm (0,01 \div 0,15) \cdot V_1) \cdot t \quad \forall x(t) = V_1 \cdot t,$$

где V_0, V_1 — скорость выполняемого технологического процесса симулятора и исследуемого привода соответственно.

Случай 3. Канал адаптации по ускорению

$$X_0 = (\varepsilon_1 \pm (0,01 \div 0,15) \cdot \varepsilon_1)^2 \cdot t / 2 \quad \forall x(t) = \varepsilon_1^2 \cdot t / 2,$$

где $\varepsilon_0, \varepsilon_1$ — ускорение симулятора внешней среды и исследуемого привода соответственно.

Входными параметрами модели являются: сигналы координаты, скорости и ускорения задающего сигнала для контуров адаптации по положению, скорости и ускорению соответственно. В зависимости от вида входного сигнала (координата, скорость или ускорение) определяются соответствующие алгоритмы работы звена в канале адаптации и симулятора межкоординатных возмущений. Блок формирования дополнительной составляющей управления в зависимости от

канала адаптации подбирает числовые значения звена с переменным коэффициентом передачи. Параметры блока в цепи формирования дополни-

тельного управления зависят от скорости (или ускорения) сигнала задания, момента нагрузки и времени процесса компенсации.

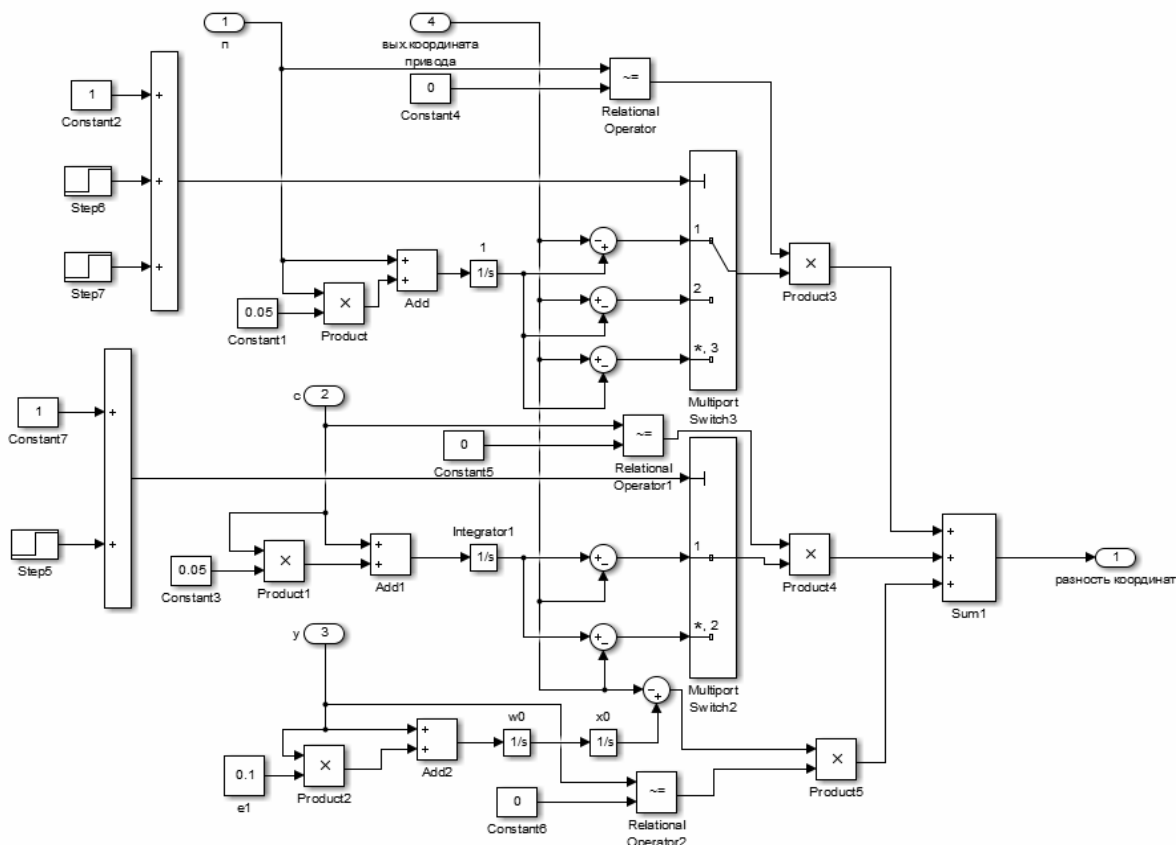


Рис. 3. Модель симулятора внешней среды

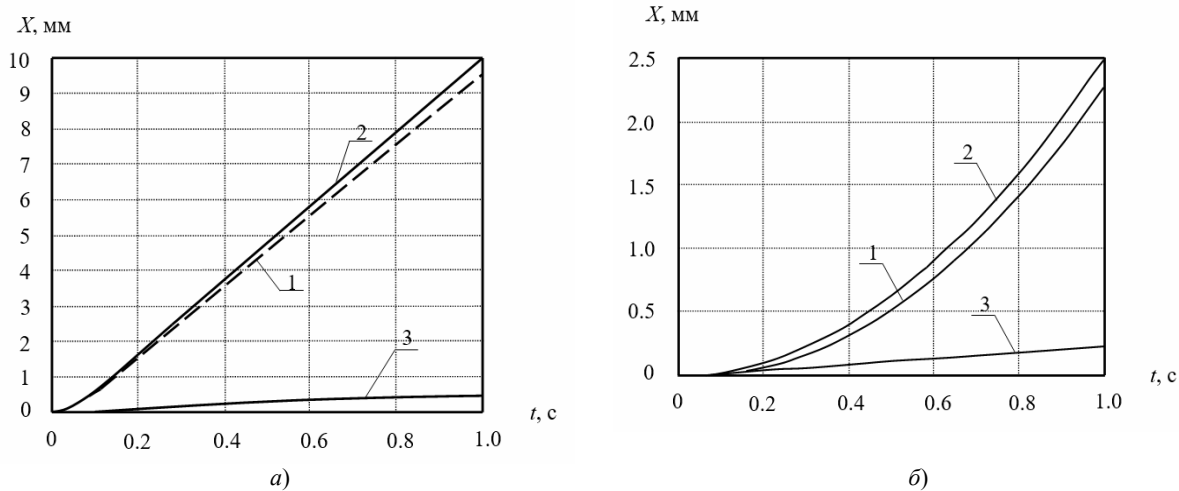


Рис. 4. Исследование показателей точности системы управления: *a* — графики изменения выходной координаты САУ в режиме движения с постоянной скоростью для каналов адаптации по скорости и положению ($V_1 = 10 \text{ мм/с}$, $\Delta x = 5 \%$, $M_H = 5 \text{ Нм}$); *б* — графики изменения выходной координаты САУ для канала адаптации сигнала задания по ускорению ($\varepsilon_1 = 5 \text{ мм/с}^2$, $\varepsilon/\varepsilon_0 = 10 \%$, $M_H = 5 \text{ Нм}$)

На рис. 4 представлены результаты моделирования для каналов адаптации по положению и ускорению. На рис. 4 цифрами обозначены: 1 — график изменения выходной координаты САУ без контура адаптации; 2 — график изменения выходной координаты САУ с контуром адап-

ции; 3 — отклонение положения инструмента Δx от заданной траектории.

На рис. 5 представлен график зависимости коэффициента передачи в канале адаптации сигнала задания по скорости от скорости входного сигнала.

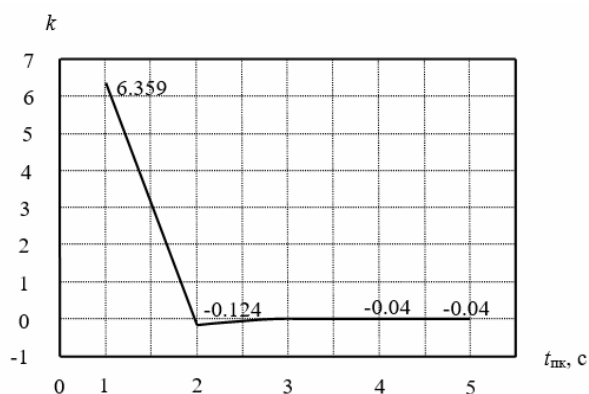


Рис. 5. Характеристики блока адаптации

Результаты проведённых исследований подтверждают целесообразность применения рассмотренных алгоритмов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На современном этапе развитие инженерного образования невозможно без повсеместного применения разнообразных средств информатизации. Моделирование является важнейшим и неотъемлемым этапом процедуры проектирования современных технических устройств и систем. Разработка и создание имитационных моделей различных техни-

ческих объектов управления и реализация на них особенно широко развивающихся в настоящее время базовых методов управления является неотъемлемым направлением повышения эффективности освоения различных научных дисциплин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Информатизация** инженерного образования: управления, средства, технологии. Выпуск 1 / сост.: Т.И. Болдырева, А.И. Евсеев, Б.Р. Липай и др.; под общ. ред. С.И. Маслова. М.: Издательский дом МЭИ, 2004.
2. **Новоселов Б.В.** Автоматы-настройщики следящих систем. М.: Энергия, 1975. 264 с.
3. **Кобзев А.А.** Адаптация управляющего воздействия в приводах сборочных роботов // Известия вузов. Электромеханика. 1991. № 12. С. 73—79.
4. **Игнатьев М.Б.** Об инвариантности голономных автоматических систем // Теория инвариантности в системах автоматического управления. М.: Наука, — 1964.
5. **Кобзев А.А., Новикова Н.А., Лекарева А.В.** Исследование алгоритмов адаптации управляющего воздействия для приводов робототехнических систем с помощью симулятора межкоординатных перемещений, // Известия вузов. Электромеханика. 2015. № 3. С. 50—55.

A.A. Kobzev, A.V. Lekareva

kobzev42@mail.ru

Vladimir State University of a name of A.G. and N.G. Stoletovykh, Vladimir

SIMULATION MODELING OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS C THE INTRODUCTION OF THE SIMULATOR OF THE EXTERNAL ENVIRONMENT

SUMMARY

This report deals with the construction of simulation models of systems of automatic control of various technical objects with the aim of increasing the efficiency of mastering a scientific discipline "automatic control Theory". In particular, the report focuses on the development of a computer model that implements the study of algorithms of adaptive correction of control actions of actuators for robotic systems.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТОНКОСТЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ В МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

АННОТАЦИЯ

Представлено описание программного комплекса для расчёта спектров собственных частот колебаний тонкостенных пластин и оболочек, находящихся в магнитном поле, определения статической и динамической устойчивостей пластин в магнитных полях.

ВВЕДЕНИЕ

Задачам колебаний тонкостенных элементов конструкций в магнитных полях посвящено достаточно большое количество публикаций, однако остаётся не полностью исследованным вопрос о влиянии магнитных полей на весь спектр частот. Существующие программные комплексы типа Ansys, созданные на основе конечно-элементных моделей, не содержат решения задач магнитоупругости. Теоретические модели колебаний тонкостенных элементов конструкций в магнитных полях представлены в монографиях [1, 2]. Применение асимптотического метода В.В. Болотина (АМБ) [3] позволяет рассмотреть задачи колебаний пластин с различными краевыми условиями и распределение собственных частот колебаний пологих оболочек в магнитных полях.

В работе дано описание программного комплекса для расчёта спектров колебаний тонкостенных элементов конструкций в магнитном поле. На основе гипотез и уравнений колебаний пластин и оболочек в магнитном поле [1, 2] были выведены соотношения для нахождения собственных частот колебаний прямоугольных пластин и оболочек в продольном и поперечном магнитных полях, выполненных из диамагнитных, парамагнитных [1, 4—6] и ферромагнитных материалов [2, 7—9].

1. ОПИСАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «МАГНИТОУПРУГОСТЬ»

С применением асимптотического метода В.В. Болотина впервые были получены аналитические решения для расчёта частот колебаний пластин с различной комбинацией краевых условий, находящихся в продольном и поперечном магнитных полях [6—8]. Проведен расчёт спектров собственных частот колебаний пластин с различными условиями закрепления краев, круговых цилиндрических оболочек и сферических панелей в магнитных полях.

Разработанные математические модели магнитоупругих колебаний тонкостенных пластин с

различными типами закрепления краев и оболочек позволили создать универсальный программный комплекс для расчёта спектров частот колебаний в магнитных полях с использованием среды Borland Delphi 7.0 [11].

С учётом различных комбинаций входных данных программный комплекс сочетает в себе 20 задач об определении частот колебаний прямоугольных пластин с различными краевыми условиями в поперечном и продольном магнитных полях, выполненных из немагнитных (диамагнитных и парамагнитных) и ферромагнитных материалов, и четыре задачи о колебаниях цилиндрических и сферических оболочек в магнитных полях. При этом комплекс не требует установки дополнительного математического обеспечения, все математические операции написаны непосредственно в среде Borland Delphi 7.0 [11].

Условно программный комплекс можно разделить на блок ввода исходных данных и блок результатов расчёта.

Ввод исходных данных следует начать с выбора объекта для расчёта. Это может быть пластина или оболочка. В зависимости от того какой объект для расчёта вы выбрали (пластину или оболочку), появляются разные списки параметров для ввода.

После выбора объекта расчёта необходимо задать материал (диа-, пара- или ферромагнитный), из которого изготовлен объект расчёта и его свойства. Для диамагнитного и парамагнитного материалов необходимо задать параметры, характеризующие свойства материала объекта: плотность материала ρ , модуль упругости E , коэффициент Пуассона ν , магнитную проницаемость μ . Для ферромагнитного материала вместо магнитной проницаемости μ необходимо задать относительную магнитную проницаемость материала μ_r .

Выбрав объект для расчёта и материал, можно приступить к заданию краевых условий (условий закрепления краев).

Если в качестве объекта для расчёта выбрана пластина, мы имеем пять различных условий закрепления краев: а) шарнирно опертая; б) защемлённая со всех сторон; в) консольная; г) защемлённая, шарнирно опертая по краям; д) свободная.

Что касается оболочек, то в данном программном комплексе рассматриваются шарнирно опертые круговые цилиндрические оболочки и пологие панели.

После выбора объекта для расчёта и задания для него всех необходимых параметров можно перейти к выбору параметров магнитного поля, в котором находится объект. Рассматриваются два варианта магнитного поля: продольное и поперечное. При выборе в раскрывающемся списке продольного магнитного поля далее требуется задать индукцию B_1 , при выборе поперечного магнитного поля — индукцию B_3 . Для цилиндрической оболочки, изготовленной из ферромагнитного материала, можно задать только продольное азимутальное магнитное поле (направленное по окружности оболочки).

На этом ввод исходных данных можем считать законченным. После ввода исходных данных можем приступить к расчёту. Для этого необходимо нажать на кнопку «Произвести расчёт». После нажатия этой кнопки на экран выводятся результаты расчёта:

- 1) уравнения колебаний рассматриваемого объекта в соответствующем магнитном поле;
- 2) первые три собственные частоты колебаний;
- 3) формула для асимптотической плотности частот колебаний.

Кроме того, возможен дальнейший экспорт значений собственных частот в *Microsoft Excel*, причём туда можно выводить не только первые три собственные частоты, а таблицу частот для любых форм колебаний пластины.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внешнее магнитное поле оказывает эффект сжимающих усилий в срединной поверхности оболочек, приводит к снижению собственных частот колебаний оболочек и смещению точек сгущения частот в область более низких частот [4, 5]. Переменное во времени внешнее магнитное поле приводит к потере динамической устойчивости ферромагнитных пластин [9], к увеличению области динамической неустойчивости. Важным при проектировании несущих конструкций электротехнического оборудования является исследование влияния магнитных полей на колебания и ус-

тойчивость цилиндрических оболочек из ферромагнитных материалов [10].

Полученные в работе результаты имеют теоретическое и практическое значение. Они позволяют уточнить существующее представление о характере поведения тонкостенных элементов конструкций в продольном и поперечном магнитном поле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амбарцумян С.А., Багдасарян Г.Е., Белубекян М.В. Магнитоупругость тонких оболочек и пластин. М.: Наука, 1977. 272 с.
2. Багдасарян Г.Е. Колебания и устойчивость магнитоупругих систем. Ереван: Тигран Мец, 1999. 436 с.
3. Вибрации в технике. Справочник в 6 т. Т.1. Колебания линейных систем / под ред. В.В. Болотина. — 2-е изд. М.: Машиностроение, 1999. 506 с.
4. Хроматов В. Е. Корешкова Н. С. Спектры собственных частот колебаний круговых цилиндрических оболочек в продольном магнитном поле // Вестник МЭИ. 2008. № 1. С. 71—75.
5. Корешкова Н.С., Хроматов В.Е. О влиянии поперечного магнитного поля на спектры частот колебаний пологих оболочек // Изв. РАН. Механика твёрдого тела. 2009. № 4. С. 165—171.
6. Голубева Т.Н., Хроматов В.Е. Влияние магнитного поля на колебания элементов конструкций энергетического оборудования // Новое в Российской электроэнергетике // Ежемесячный электронный журнал. 2012. № 3.
7. Хроматов В.Е., Голубева Т.Н. О влиянии магнитных полей на колебания и устойчивость пластин из ферромагнитного материала // Вестник машиностроения. 2012. № 9. С. 12—16.
8. Голубева Т.Н., Коробков Ю.С., Хроматов В.Е. Влияние продольного магнитного поля на спектры частот колебаний ферромагнитных пластин // Электротехника. 2013. № 3. С. 44—49.
9. Голубева Т. Н. Динамическая устойчивость ферромагнитных пластин в поперечном магнитном поле // Инженерный журнал. 2013. № 5. С. 20—24.
10. Хроматов В.Е., Голубева Т.Н. Колебания и устойчивость ферромагнитной цилиндрической оболочки в магнитном поле // Вестник Московского авиационного института. 2013. № 3. Т. 20. С. 212—219.
11. Хомоненко А., Гофман В, Мещеряков Е., Никифоров В. Delphi 7. Наиболее полное руководство СПб: BHV-Петербург, 2008. 1216 с.

T.N. Komissarova, N.S. Koreshkova, V.Y. Khromatov

komissarovatn@mail.ru; nadyuk@mail.ru; KhromatovVY@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

SOFTWARE FOR STUDY OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THIN-WALLED ELEMENTS OF STRUCTURALS IN MAGNETIC FIELDS

SUMMARY

The description of software for calculating the spectra of natural frequencies of thin plates and shells in magnetic field and for the definition of static and dynamic stability of plates in magnetic fields is presented.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНО-ИНФОРМАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ АНАЛИЗА, РАСЧЁТА И УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МЕГАПОЛИСОВ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён рассмотрению программно-информационных комплексов как инструмента для анализа, расчёта и управления большими теплоснабжающими системами.

ВВЕДЕНИЕ

Существование городов в условиях резко континентального климата определяется наличием технически и экономически обоснованных систем теплоснабжения мегаполисов (СТМ). Поэтому актуальность работ, направленных на совершенствование СТМ на базе современных достижений теории управления и информационных технологий, очевидна и не вызывает сомнений. Исходя из вышесказанного анализа можно сделать вывод, что система должна быть предназначена для моделирования и пространственно-технологического анализа установившихся теплогидравлических режимов централизованных систем теплоснабжения с целью управления режимами эксплуатации и комплексного развития сложных теплоснабжающих систем с возможностью контроллинга рассчитанных и измеренных параметров работы системы.

1. ПРОГРАММНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС КАК СРЕДСТВО АНАЛИЗА И МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СТМ

Коллективом кафедры автоматизации производственных процессов КарГТУ, последовательно, на протяжении многих лет, создан ряд программно-информационных комплексов (ПИК), использующих эффективный итерационный метод контурных корней (МКК) для расчёта гидравлических сетей любой размерности и технологической сложности. Последний, наиболее совершенный ПИК ТГИД-07, является программным продуктом, который обладает возможностью интеграции со SCADA-системами, ГИС системами (рис. 1), отвечает функциональности автоматизированного рабочего места для разработки и реализации сезонных, нормативных и перспективных теплогидравлических режимов теплоснабжающих систем, оснащённых автоматизированными системами управления технологическими процессами и асинхронными электроприводами насосных станций с частотным управлением.

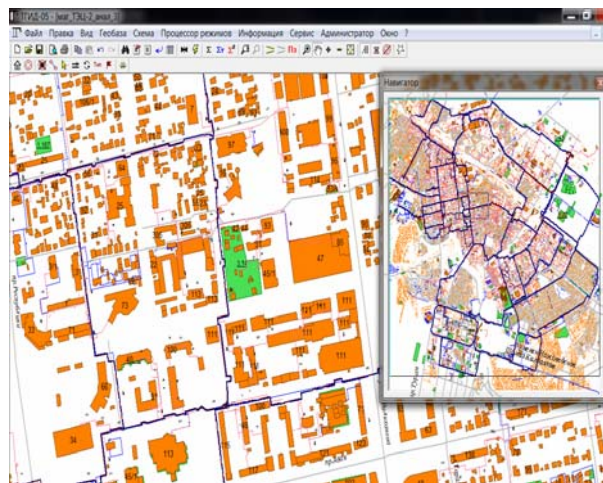


Рис. 1. Представление магистрального фрагмента сети на карте местности

В то же время в СТМ остаются множество нерешённых проблем и задач, обусловленных случайным характером внешних возмущений, большой размерностью структурных схем, множеством технологических и информационных характеристик, что требует проведения разносторонних исследований как самих СТМ, так и средств их создания, таких как ПИК ТГИД-07. По отношению к ПИК возможны три подхода: в первом ПИК — это средство для исследования (например, имитационного) проблем и задач СТМ, во втором ПИК — это объект исследования с позиции его эффективности для функционирования СТМ, в третьем — это инструмент для управления статическими режимами частотных электроприводов насосных станций магистральных теплоснабжающих систем (на рис. 2 представлена архитектура ТГИД-07).

Система ТГИД-07 предназначена для имитационного моделирования и пространственного технологического анализа эксплуатационных и аварийных гидравлических режимов больших теплоснабжающих систем переменной технологической структуры с несколькими источниками тепла и произвольным набором типового тепло-механического оборудования. Система продуцирует новые технологические знания, которые можно интерпретировать как ответы на вопросы типа: «Как изменятся параметры стационарного гидравлического режима теплоснабжающей системы, если изменить параметры заданных техно-

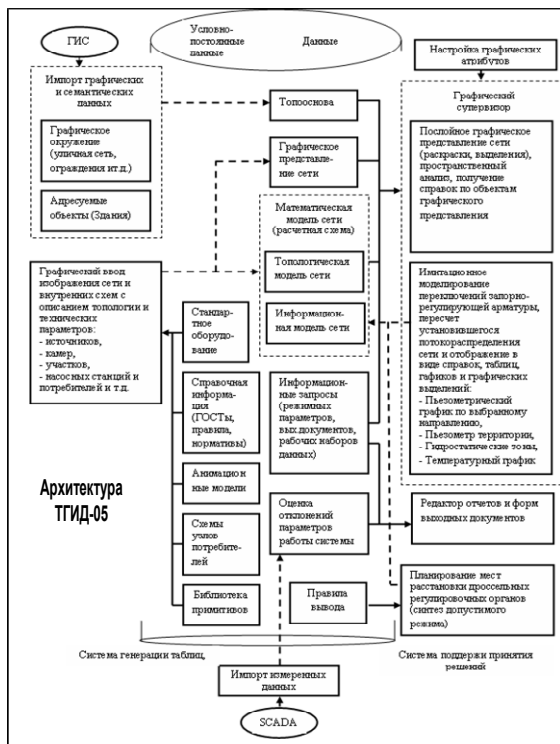


Рис. 2. Архитектура ТГИД-07

логических элементов системы (изменить напорно-расходные характеристики насосов, нагрузки потребителей, длину и диаметр участков трубопроводов, установки регуляторов расхода, давления и т.п.) или изменить топологию расчётной схемы (отключить некоторые насосные станции или отдельные агрегаты отдельной насосной станции, закрыть входные задвижки некоторых участков, добавить новые участки трубопроводной сети или установить в заданном узле трубопроводной сети насосную станцию и т.п.). Профессионально обоснованные ответы на подобные вопросы составляют суть многих эффективных технологических решений, вырабатываемых персоналом предприятий тепловых сетей и используемых в процессах технической и экономической эксплуатации систем централизованного теплоснабжения. Кроме того, система обладает рядом сервисных функций, выполняемых на расчётной базе имитационного моделирования и обеспечивающих технологические решения эксплуатационного персонала:

- анализ эксплуатационных или аварийных режимов по системе критериев режимного анализа;
- информационные запросы и отчёты по характеристикам используемого сетевого оборудования;
- расчёты температурных графиков центрального регулирования, тепловых потерь по сети в целом или по любой выделенной магистрали, температур воды на выходе теплопотребляющих систем потребителей с предоставлением результатов расчёта на расчётную схему или в табличные документы;

- автоматизированный выбор мест установки и параметров дроссельных органов, устанавливаемых в теплопотребляющих системах потребителей и на байпасах головной части распределительных сетей.

2. УРОВНИ УПРАВЛЕНИЯ СТМ

Информация, продуцируемая ПИК, может быть использована для построения иерархической информационной системы управления теплоснабжающей системой. На рис. 3 представлена архитектура АРМ по использованию ИГС ТГИД-07.

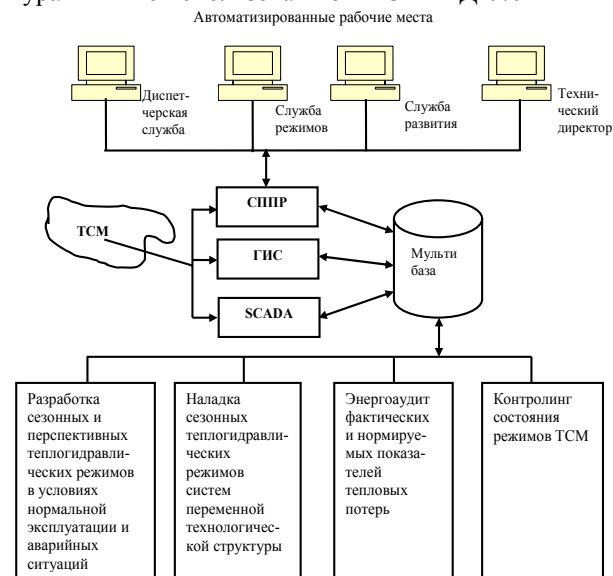


Рис. 3. Архитектура АРМ по использованию ИГС ТГИД-05

На рис. 4 СТМ как объект информатизации представлен агрегатированными технологическими установками: ИТ-источник тепла, представленный технологической структурой ТЭЦ или РК (районной котельной); ЦТП — центральный тепловой пункт; ИТП — индивидуальный тепловой пункт потребителя; НС — сетевая насосная станция на подающем или обратном трубопроводах магистральной сети; КП — контрольный пункт для концентрации измерительной и управляющей информации на трубопроводной сети.

Нижний уровень управления блоками ввода-вывода, интеллектуальными приборами и исполнительными механизмами (А — привод арматуры; РО — дроссельные регулирующие органы; ДТ — датчики температуры; ДД — датчики давления; ДР — датчики расхода энергоносителей; ЭП — электропривод агрегатов; И — средства индикации и визуализации; ИМ — исполнительные механизмы со встроенными контроллерами). Интеллектуальные приборы связаны с контроллерами через стандартную цифровую полевую шину HART-протоколом. Перспективной идеологией «интеллектуализации» приборов и блоков ввода-вывода является идеология Fieldbus Foundation,

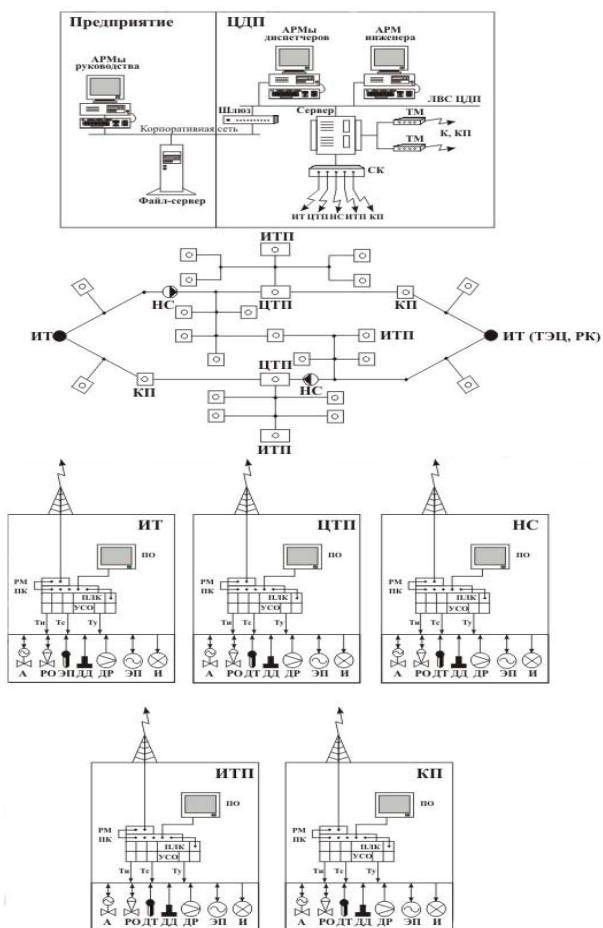


Рис. 4. Системы теплоснабжения мегаполисов с частотно-управляемыми электроприводами

обеспечивающая перенос и реализацию алгоритмов обработки измерительной информации (фильтрация, масштабирование, линеаризация и т.п.), регулирования (стабилизация, слежение, каскадное управление и т.п.), логического управления (пуск, останов, блокировка и т.п.) на нижний уровень управления. Полевая сеть Fieldbus H1 реализует все функции HART-протокола, а также позволяет программировать алгоритмы контроля и управления, реализуемые в приборах. Перспективная тенденция типизации отдельных программных и технических средств и их открытость к средствам других фирм позволяет системным интеграторам не разрабатывать, а собирать из отдельных программно-аппаратных модулей и средств разных фирм ПТК и СУ, ориентированные на автоматизацию конкретных технологических объектов.

Средний уровень управления технологическими установками (отдельными котлами, водоподготовительной установкой, циркуляционной насосной станцией), являющийся связующим звеном между контроллерами и пультами операторов, реализуется промышленной сетью Profibus.

На верхнем уровне управления систем централизованного теплоснабжения мегаполисов основой решения задач технологического и организационно-экономического управления становятся отдельные информационные сети, связывающие автоматизированные рабочие места управляющего персонала отделов и служб с планирующими подразделениями энергетических компаний. Эти сети взаимодействуют или совпадают с корпоративной сетью энергетической компании. Доминирующим типом таких сетей является Ethernet.

Программно-аппаратная платформа ПТК верхнего уровня управления теплоснабжающей системой мегаполиса включает в себя пульта операторов для отдельных автоматизированных рабочих мест технологических служб на базе типовых ПК офисного исполнения, сервер базы данных, сетевую аппаратуру (сетевой коммутатор, шлюз или мост для связи с корпоративной сетью энергетического комплекса), центральный концентратор измеренной информации на базе рабочих станций, работающих в режиме серверов и поддерживающих функции диспетчерского управления.

Операционные системы пультов ориентированы на Windows NT Server, которая обеспечивает сетевое распределение ресурсов аппаратных платформ в режиме мягкого реального времени. В качестве сетевой СУБД верхнего уровня может использоваться MS SQL-Server.

Основное программное обеспечение пультов диспетчера представлено SCADA-системами, реализующими основные функции визуализации измеряемой и контролируемой информации, передачи данных и команд системе контроля и управления.

Прикладные программные компоненты представлены редакторами: цифровых анимационных мнемосхем технологических установок, цифровых технологических и расчётных схем технологических установок и тепловых сетей, цифрового топографического плана мегаполиса, а также компоненты для ведения оперативных и долговременных архивов, генератор отчётов и запросов, администратор пользователей для контроля прав доступа.

ПК TGID07 может использоваться как в учебном процессе в вузах для студентов по специальности «Теплоэнергетика», так и на предприятиях для подготовки специалистов, эксплуатирующих тепловые сети. ПК TGID07 имеет интуитивно понятный интерфейс (рис. 5 и 6) и развитую систему помощи.

Сравнительный анализ с подобными системами не проводился из-за отсутствия полноценных версий программ.

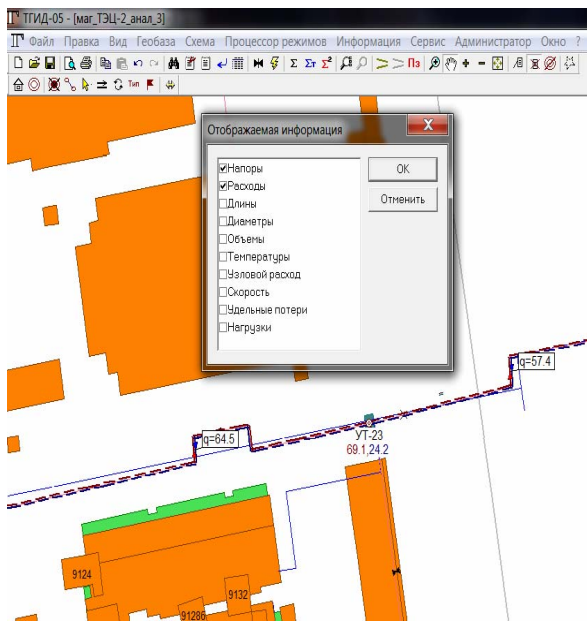


Рис. 5. Форма выбора отображаемой информации на расчётной схеме

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Информационно-управляющие** технологии оптимизации функционирования теплоснабжающих комплексов / Б.Н. Фешин, А.Б. Крицкий и др. // Вестник автоматизации. 2013. № 1 (39). С. 36—39.
2. **Крицкий Б.Н., Фешин Б.Н.** Энергосберегающие технологии теплоснабжающих комплексов мегаполисов средствами частотно-управляемых электроприводов насосных станций // Труды международной 15-й научно-технической конференции «Электроприводы переменного тока». 12—16 марта 2012 г. Екатеринбург: ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина». 2012. 207—210 с.
3. **Крицкий А.Б.** Отчёт НИР. № гос. регистрации 0112РК02313. «Исследование и разработка иерархи-

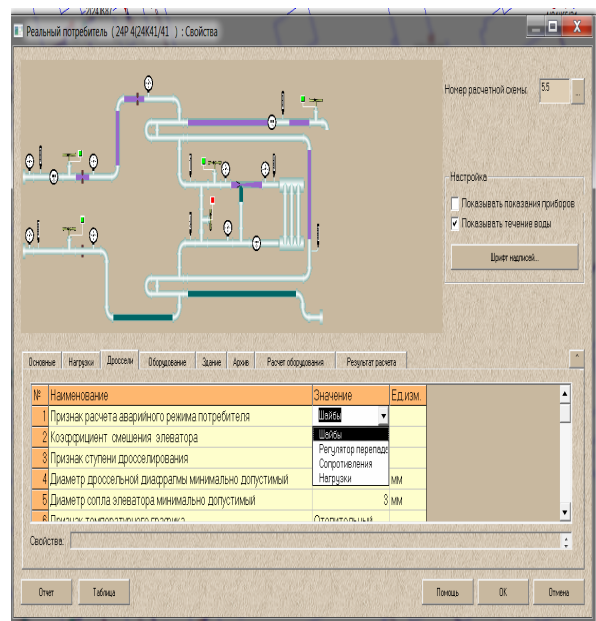


Рис. 6. Форма выбора схемы включения теплового пункта

- ческих информационно-управляющих технологий оптимизации функционирования теплоснабжающих комплексов мегаполисов». Караганда: КарГТУ. 2012. 226 с.
4. **Соколов Е.Я.** Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов. — Изд. 8. М.: Издательский дом МЭИ, 2006. 472 с.
 5. **Крицкий А.Б. Деметьев Ю.Н.** Материалы III-й научно-технической конференции с международным участием «Наука настоящего и будущего», 12—13 марта 2015 г., Санкт-Петербург. С. 51—53.
 6. **Крицкий А.Б., Фешин Б.Н.** Управление режимами частотных электроприводов насосных станций магистральных теплоснабжающих систем: Монография Алматы: Гига Трейд, 2011. 176 с.

A.B. Kritsky

ant55@mail.ru

Karaganda state technical university, Kazakhstan Karaganda

USE OF PROGRAM AND INFORMATION COMPLEXES FOR THE ANALYSIS, CALCULATION AND MANAGEMENT OF SYSTEMS OF THE CENTRALIZED HEAT SUPPLY OF MEGALOPOLISES

SUMMARY

The report is devoted to the program and information TGID-07 complex intended for modeling and the spatial and technological analysis of the established heathydraulic modes of the centralized systems of a heat supply, for the purpose of management of modes of operation and complex development of difficult heatsupplying systems, with possibility of controlling of the calculated and measured parameters of work of system is considered.

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ. ИНТЕРАКТИВНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ELNET

АННОТАЦИЯ

В работе представлен обзор средств автоматизации проектирования, используемых в настоящее время в области электроэнергетики. Приведены основные сведения о разработанном автором интерактивном программном комплексе ELNET.

ВВЕДЕНИЕ

Невозможно себе представить жизнь современного общества без электроэнергии. Развитие во всех сферах жизнедеятельности человечества естественным образом привело к усложнению системы электроснабжения. Проектирование, управление и контроль над энергосистемами сегодня невозможно качественно выполнять без использования средств вычислительной техники.

Существующие в настоящее время программные комплексы (ПК), применяемые в электроэнергетике, позволяют хранить и обрабатывать большие объёмы информации, сокращая временные затраты и повышая качество принимаемых проектных решений.

1. ОБЗОР СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Все ПК, применяемые в энергетике можно классифицировать по типу решаемых задач на проектные и эксплуатационные. В работе рассматриваются комплексы, относящиеся к первой группе; в настоящее время таких ПК насчитываются сотни.

Продукты, ориентированные на энергетическую отрасль, имеют практически все крупные компании, разрабатывающие системы проектирования: AutoDesk (продукт AutoCAD Electrical), MicroStation (продукт Bentley Expert Designer Electric), CSoft (продукты Model Studio CS ЛЭП, Model Studio CS ОРУ и др.) и т.д. Также существует целый ряд компаний, разрабатывающих ПК только в области энергетики.

Большая часть современных ПК, используемых для проектирования объектов энергетики, позволяют выполнять расчёт режимов и частотный анализ, оптимизировать режим, выполнять расчёт токов короткого замыкания и анализ статической и динамической устойчивостей (табл. 1) [1].

Таблица 1

ПК	Функции некоторых ПК				
	Задачи				
	Расчёт режима	Частотный анализ	Оптимизация режима	Расчёт токов короткого замыкания	Анализ статической/динамической устойчивостей
AutoCAD Electrical	+	+	+	+	+/+
Bentley Expert Designer Electric	+	+	+	+	+/+
PSS/E	+	+	+	+	+/+
Energy CS	+	-	-	+	+/-
DigSILENT Power Factory	+	-	+	+	+/+
KOСMOC	+	-	+	-	+/-

Все ПК рассчитывают и отображают элементы сети, отличаются интерфейсом, стоимостью покупки и технического обслуживания.

2. ИНТЕРАКТИВНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС (ИПК) ELNET

Разработанный автором ИПК ELNET решает задачу проектирования городской распределительной сети электроснабжения с учётом развития города. В нём реализованы приведённые в работах [2—4] модели, методы и алгоритмы. ИПК даёт возможность проектировать район сети электроснабжения (до 1500 ТП и РП и 5000 новых потребителей) с учётом информации о развитии города.

ИПК реализует решение следующих задач:

- определения варианта подключения множества новых потребителей к городской распределительной сети электроснабжения;
- определения числа и мест строительства новых трансформаторных и распределительных подстанций (ТП и РП соответственно), строительство которых надлежит осуществить для подключения к электросети всех намеченных к подключению потребителей;
- определения варианта включения новых ТП и РП в существующую структуру сети.

ELNET состоит из шести следующих модулей (рис. 1):

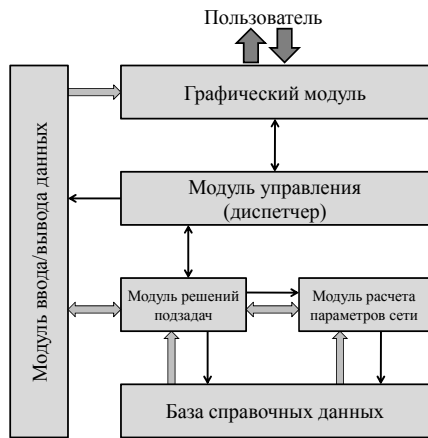


Рис. 1. Схема взаимодействия модулей ИПК ELNET:
 ⇔ — информационные связи; → — управляющие команды

- *Графический модуль* реализует оконный интерфейс взаимодействия «пользователь—система», отвечает за визуализацию схемы;

- *Модуль управления (диспетчер)* предназначен для взаимодействия всех модулей системы между собой. Он обрабатывает полученные команды/запросы модулей и координирует процесс решения задачи посредством выработки управляющих сигналов;

- *Модуль ввода/вывода данных* выполняет функции считывания и временного хранения сведений о сети;

- *Модуль решений подзадач* — основной вычислительный модуль ИПК ELNET, реализующие методы и алгоритмы решения задачи ПРЭ;

- *Модуль расчёта параметров электросети.* Модуль предназначен для расчёта параметров электросети, проверки условий выполнения ограничений, расчёта значения целевой функции и т. д.;

- *База справочных данных* содержит справочные данные, необходимые для расчёта режимов работы электросетей, а также значения свободных параметров методов и алгоритмов решения задачи.

Основная экранная форма ИПК ELNET приведена на рис. 2.

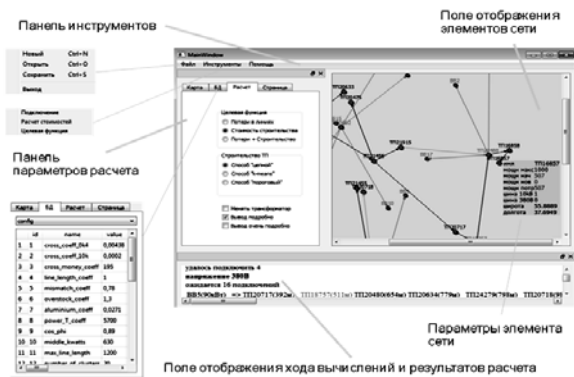


Рис. 2. Графический интерфейс ИПК ELNET

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сложность современных энергосистем обязывает специалистов применять различные программные средства на всех стадиях работы как при проектировании, так и при эксплуатации. ПК расширяют возможности проектировщиков, улучшая качество принимаемых проектных решения и сокращая сроки проектирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Казакул А. А. Промышленные программно-вычислительные комплексы в электроэнергетике. Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2013. 88 с.
2. Карпенко А. П., Кузьмина И. А. Математическая модель распределительной городской сети электроснабжения с учётом её перспективного развития // Наука и образование: электронное научное издание. 2014. № 05.
3. Карпенко А. П., Кузьмина И. А. Методы решения задачи перспективного развития распределительной городской сети электроснабжения // Наука и образование: электронное научное издание. 2014. № 10.
4. Карпенко А. П., Кузьмина И. А. Определение числа и мест строительства подстанций при решении задачи перспективного развития городской распределительной сети электроснабжения // Наука и образование: электронное научное издание. 2014. № 12.

I.A. Kuzmina

kuzminainna@yandex.ru

Moscow state technical university named after N.E. Bauman, Moscow

COMPUTER AIDED DESIGN SYSTEMS FOR ELECTRICITY OBJECTS DESIGN. INTERACTIVE SOFTWARE PACKAGE ELNET

SUMMARY

The review of computer aided design systems for electricity objects design are given in the report. Main information about interactive software package ELNET (designed by author) represented.

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ РЕГУЛЯТОРА С АДАПТАЦИЕЙ ПО ВЕЛИЧИНЕ РАССОГЛАСОВАНИЯ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕХИМИИ

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена задача синтеза модели регулятора для непрерывных динамических процессов в нефтехимической промышленности. Формализована задача синтеза и предложена имитационная модель.

ВВЕДЕНИЕ

Существует множество различных подходов для формирования интеллектуальных систем управления [1—4]. Нами выбрана адаптивная система управления [5].

Адаптивные системы можно разделить на два больших класса: самоорганизующиеся и самонастраивающиеся [5].

В самоорганизующихся системах в процессе функционирования происходит формирование алгоритма управления (его структуры и параметров), позволяющего оптимизировать систему с точки зрения поставленной цели управления.

В классе самонастраивающихся систем структура регулятора задана заранее (выбрана) и требуется определить лишь алгоритм настройки его коэффициентов (алгоритм адаптации).

Для решения поставленной задачи необходимо использовать самоорганизующиеся системы, поскольку в процессе функционирования установки меняется химический состав реагентов, а значит, и ЦУ регулятора.

1. СИНТЕЗ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Методика построения регулятора представлена в работах [6—8]. На объект управления влияют измеряемые возмущения (задающие воздействия) $Z = Z(t)$, неизменяемые возмущения $N = N(t)$ и управляющие воздействия $U = U(t)$. Наблюдениям доступны выходные переменные объекта $P = P_B(t)$. Поведение объекта зависит от ряда неизвестных параметров, совокупность которых обозначаем через ξ . Задано множество Ξ возможных значений ξ , определяющих класс допустимых объектов и возмущений. Задана цель управления, определяющая желаемое поведение ОУ. Требуется синтезировать алгоритм управления, использующий измеряемые и вычисляемые на основе измерений величины, не зависящие от $\xi \in \Xi$, и обеспечивающий для каждого $\xi \in \Xi$ достижение заданной ЦУ.

Вектор ξ считается квазистационарным, т.е. меняющимся медленно (медленнее динамических процессов в объекте и изменений внешних воздействий).

Наиболее совершенной стратегией управления является адаптивная стратегия, состоящая в одновременном изучении объекта и управлении им.

Алгоритм 1-го уровня (алгоритм регулирования или алгоритм основного уровня) зависит от вектора параметров Θ (вектора параметров блока задания), при каждом $\xi \in \Xi$ он должен обеспечивать достижение ЦУ при соответствующем выборе $Z = Z(\xi)$. Алгоритм 2-го уровня изменяет (настраивает) вектор Z таким образом, чтобы обеспечить достижение ЦУ при неизвестном $\xi \in \Xi$.

Формализуем задачу синтеза. Пусть непрерывная динамическая система описывается уравнениями состояния

$$P(t) = F(Z, N, U, \xi, t), \quad (1)$$

где $F(\cdot)$ — известные вектор-функции; N, t — возмущения на ОУ и помехи измерений; $X \in R^n$, $U \in R^m$, $P \in R^r$ — векторы состояния, управления, внешних входов и выходов ОУ соответственно.

Цель управления задаётся в виде целевого неравенства

$$\varepsilon \leq \Delta \text{ при } t > t^*, \Delta \geq 0, \quad (2)$$

где $\varepsilon(t) = \varepsilon(X(t), U(t))$ — целевая функция.

Задача синтеза состоит в нахождении вектора задания Z и алгоритма управления из заданного класса двухуровневых алгоритмов вида

$$Z(t) = Z_i(P(t), Z_0(t), F(t)), \quad (3)$$

обеспечивающих достижение ЦУ (2) в уравнении (1), для каждого $\xi \in \Xi$. Здесь $U_i(\cdot)$, $Z_i(\cdot)$ — некоторые операторы.

$$\tau_1 \frac{d^2 Z(t)}{dt^2} + \frac{dZ(t)}{dt} = k_1 \frac{dP(t - \tau_2)}{dt} + k_2 P(t - \tau_2);$$

$$P(t) = k_3(Z(t) - \sum_{i=1}^n \Delta_i + \sum_{j=1}^m \Delta_j);$$

$$\tau_3 \frac{d^2 \Delta P(t)}{dt^2} + \frac{d\Delta P(t)}{dt} = k_4 T_1 \frac{d\varepsilon(t - \tau_3)}{dt} + k_5 \varepsilon(t - \tau_4);$$

$$\varepsilon(t) = Z^0(t) - Z(t) = \sum_{j=1}^m \Delta_j - \sum_{i=1}^n \Delta_i; \quad (4)$$

$$Z(t+1) = Z^0(t) + \sum_{i=1}^n \Delta_i - \sum_{j=1}^m \Delta_j,$$

$$Z(\infty) \rightarrow \min,$$

$$P(\infty) \rightarrow P_3,$$

где $\tau_1 \div \tau_4$ — время запаздывания прохождения информации в системе управления полимеризатором; $k_1 \div k_l$ — коэффициенты передачи динамических звеньев системы управления полимеризатором; $P(t)$ — текущее значение давления в полимеризаторе.

Для решения поставленной задачи был разработан алгоритм адаптации [9].

Процесс системы управления установкой производства катионной нефтеполимерной смолы (КНПС) «СКОП» происходит в следующем порядке: в течение заданного числа шагов адаптации происходит непрерывное сканирование одного из параметров адаптации — расход одного из реагентов; через заданный период непрерывного сканирования в зависимости от справедливости неравенства $|\varepsilon(t)| > |\varepsilon(t-1)|$ переменная Z меняет знак на противоположный и выполняется функция

$$Z(t+1) = Zt - \Delta MZ \text{ или } Z(t+1) = Zt + \Delta MZ, \quad (5)$$

а в общем случае задание регулятора в результате работы алгоритма адаптивного управления имеет следующий вид:

$$Z_{k(t+1)} = Z_{kt} + \sum_{i=1}^n \Delta_i - \sum_{j=1}^m \Delta_j, \quad (6)$$

где n — число положительных, а m — число отрицательных приращений к заданию регулятора за $(n + m)$ периодов сканирования параметра адаптации, k .

При правильном выборе значений ε_n и Δ текущее значение ε в любой момент времени будет находиться внутри коридора $\pm \Delta$ и изменяться по сложному закону (рис. 1). Отсюда следует, что рассматриваемый контур управления работает с предельно допустимым рассогласованием, что обеспечивает максимальную производительность управляемого объекта без возникновения сбоев в системе управления, а установка производства КНПС «СКОП» превращается в самонастраивающуюся систему.

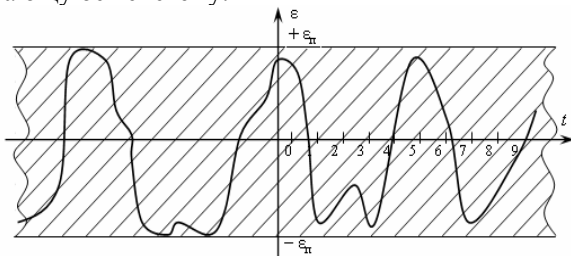


Рис. 1. Коридор допустимых значений ε при адаптации по величине рассогласования

2. МОДЕЛИРОВАНИЕ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Для решения нестационарной задачи, в которой вектор неизвестных параметров ξ меняется во времени ($\xi = \xi(i)$), разработана полная структурная схема регулятора для параметров уста-

новки производства КНПС «СКОП» с адаптацией по величине рассогласования.

Сформулирована целесообразная программная реализация блока адаптации в составе компьютерной системы управления для оперативного задания приемлемых режимов адаптации. Предельное значение рассогласования ε_n и приращение величины задания Δ необходимо задавать в виде параметров настройки системы.

Используя систему имитационного моделирования VisSim был спроектирован регулятор с адаптацией по величине рассогласования для стабилизации давления полимеризатора, в котором величины ε_n , Δ заданы априорно, а величина Z меняется по алгоритму [9].

Нами был разработан проект, схема которого представлена на рис. 2.

После успешного ввода и перед пуском проекта на симуляцию прежде всего вводятся исходные данные ε_n , Z_{0i} для каждого из реагентов. Задание начальных условий и алгоритма происходит в соответствующих блоках: для катализатора: блок «подача катализатора», для промотора — блок «подача промотора» и для мономера — «блок подача мономера».

Задание первоначальных значений происходит в блоках «Генератор подачи катализатора», «Генератор подачи ацетона», «Генератор подачи мономера». Вводятся исходные данные с помощью блока «Step block», сигнал которого со знаком «плюс» подается на сумматор и на блок задержки 0,01 с, далее на сумматор со знаком «минус». В результате в начальный момент значение сигнала на выходе сумматора равно значению на блоке «Step block», а через 0,01 с устанавливается в нулевое значение

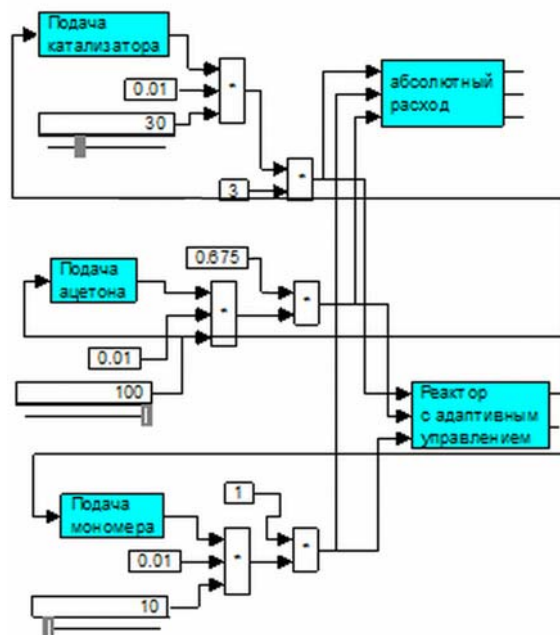


Рис. 2. Схема симулирования работы модуля адаптивного рассогласования

Полученные таким образом сигналы подаются на сумматор обратной связи и на составной блок «Полимеризатор» через составной блок «Преобразование в абсолютное значение». Последний блок преобразовывает поток вещества в числовое значение с учётом концентрации и необходимого соотношения этих веществ в полимеризаторе.

В составном блоке «Полимеризатор» происходит реакция на входные данные и на выходе появляется только один параметр — давление, который подается на звено обратной связи и на блок дисплея, позволяющий визуализировать законы изменения. Параллельно блоку «Полимеризатор» имеется блок «Абсолютный расход», преобразующий входной сигнал в абсолютное значение содержания реагентов.

После блока «Полимеризатор» данные о давлении поступают в три параллельных блока «Проверка правильности настройки» (внутри блоков «Подача катализатора», «Подача ацетона», «Подача мономера»), в которых происходит настройка задания. Сигнал задания Z алгебраически суммируется с Δ . Причём Δ берётся со знаком «плюс», если $|\varepsilon(t)| > |\varepsilon(t-1)|$, иначе — со знаком «минус». Данная операция реализована следующим образом: через звено задержки из значения давления вычитается заданное и берётся модуль с помощью блока «abs». Данное значение $\varepsilon(t)$ сравнивается со значением $\varepsilon(t-1)$, полученным ранее и прошедшим через звено задержки с помощью блока «меньше чем». Если $|\varepsilon(t)| < |\varepsilon(t-1)|$, то на выходе единица, иначе — на выходе устанавливается отрицательный уровень сигнала (-1). Далее сигнал сравнивается со значением знака Δ , бывшим на предыдущей итерации. И в случае $|\varepsilon(t)| < |\varepsilon(t-1)|$ знак Δ остается, иначе — меняется на противоположный.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

В первом случае проверили работоспособность адаптивной системы управления при отсутствии внешних воздействий (рис. 3). Во втором случае смоделировали разбаланс реагентов в момент времени $t = 2$ мин (рис. 4, 5).

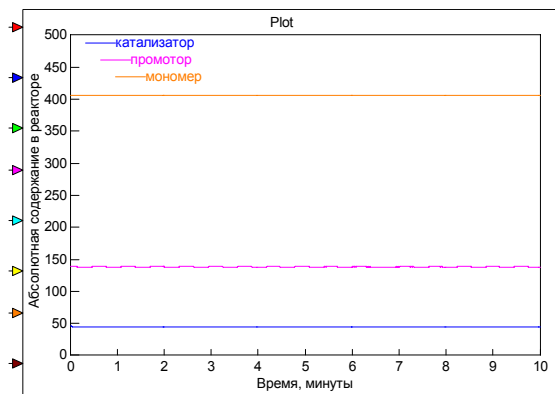


Рис. 3. График абсолютного содержания компонентов в полимеризаторе при отсутствии внешних воздействий

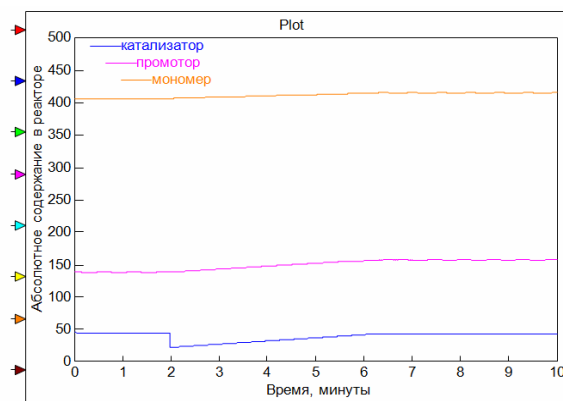


Рис. 4. График абсолютного содержания компонентов в полимеризаторе при уменьшении концентрации катализатора в растворителе с 30 до 15 %

Из рис. 5 видно, что закон изменения давления при разбалансе стационарной концентрации приобрел оптимальный и безопасный характер.

Таким образом, на основе пакета программ VisSim разработана модель АСУ с адаптацией по величине рассогласования, которая за счёт вариации расходов реагентов с заданной дискретностью, позволяет быстро найти наиболее приемлемый режим работы установки с минимальной продолжительностью переходного процесса и с наименьшим колебанием давления при изменении концентрации реагентов.

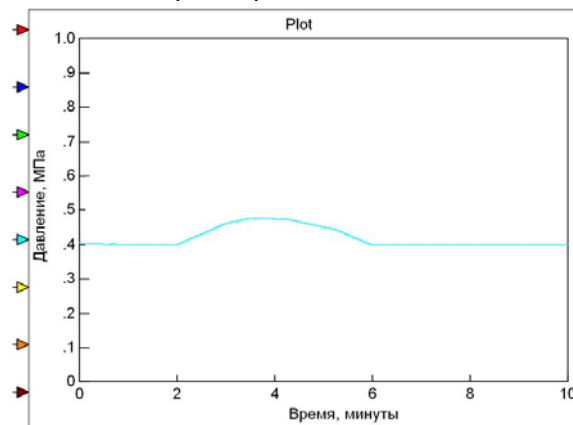


Рис. 5. График изменения давления в полимеризаторе при уменьшении концентрации катализатора в растворителе с 30 до 15 %

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выбранный метод адаптивного управления дозирования компонентов в реактор позволяет идентифицировать неизмеряемые возмущения, формировать управляющие воздействия на основе наблюдений доступных выходных переменных объекта. В результате поддерживается желаемое поведение объекта управления.

Спроектированная модель регулятора в системе имитационного моделирования VisSim отвечает математической модели с адаптацией по величине рассогласования.

Результаты моделирования позволяют сделать вывод о стабилизации давления в полимеризаторе при рассогласовании компонент.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-01-97032.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сагдатуллин А.М., Муравьёва Е.А., Емекеев А.А. Классическая теория нечёткого управления в контексте методов дефазификации // Современные проблемы науки и образования в техническом вузе: Материалы II Международной научно-практической конференции. Уфа, 2015. С. 198—204.
2. Зозуля Ю.И., Слетнёв М.С. Разработка программного комплекса нейросетевой системы поддержки принятия решений по безопасному оперативному управлению нефтехимическим производством // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2013. № 11. С. 7—14.
3. Муравьёва Е.А., Соловьёв К.А., Султанов Р.Г., Соловьёва О.И. Синтез нечёткого регулятора с заданной многомерной статической характеристикой // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2015. № 1. С. 245—260.
4. Самойлов В.В., Хисамутдинов С.И., Зозуля Ю.И., Муравский А.К. Оперативный анализ баланса потоков жидкости в инженерных сетях нефтегазовой отрасли // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2003. № 11. С. 17.
5. Методы робастного, нейро-нечёткого и адаптивного управления: учебник / под ред. Н.Д. Егупова. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. 744 с.
6. Кулаков П.А., Шишкина А.Ф., Кулакова А.Ф. Адаптивный алгоритм управления дозированием реагентов при производстве катионных нефтеполимерных смол // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4. [Электронный ресурс]. URL: www.science-education.ru/118-14172 (дата обращения: 20.11.2015).
7. Кулаков П.А., Кулакова А.Ф., Шишкина А.Ф. Адаптивный алгоритм управления оптимизацией работы установки производства катионных нефтеполимерных смол по показателям повышения качества и безопасности // Алгоритмические и программные средства в информационных технологиях, радиоэлектронике и телекоммуникациях: сб. статей II международной заочной научно-технической конференции, Поволжский гос. ун-т сервиса. Тольятти: Изд-во ПВГУС, 2014. С. 141—148.
8. Кулаков П.А., Шарафиев Р.Г., Ризванов Р.Г. Основные этапы анализа риска установки производства катионных нефтеполимерных смол и пути повышения безопасности // Безопасность жизнедеятельности. 2009. № 5. С. 14—17.
9. Патент 79689 РФ G05B19/18. Автоматизированная система управления процессом дозирования и смешивания жидких компонентов / Б.И. Попов, П.А. Кулаков, Р.Г. Шарафиев, Р.Г. Ризванов, С.В. Ерофеев. Опубл. 10.01.2009.

P.A. Kulakov, A.F. Shishkina

petr20071@mail.ru

Branch Ufa State Aviation Technical University in Sterlitamak, Sterlitamak

BUILDING A MODEL OF THE CONTROLLER WITH ADAPTATION LARGEST RASSOGLASOVANIYA AT THE FACILITIES OF PETROCHEMICAL INDUSTRY

SUMMARY

The problem of model synthesis controller for continuous dynamic processes in the petrochemical industry. Formalized the problem of synthesis and proposed simulation model.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ КРУПНЫХ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ, ПОСТРОЕННЫХ ПО СОБЫТИЙНО-УПРАВЛЯЕМОЙ АРХИТЕКТУРЕ

АННОТАЦИЯ

Рассматривается подход к обеспечению автоматизации тестирования крупных распределённых программных систем, построенных по событийной управляемой архитектуре, и его учебно-методическое обеспечение.

ВВЕДЕНИЕ

Многие современные распределённые программные комплексы строятся с применением современного событийно-управляемого принципа организации взаимодействия входящих частей. В той или иной форме в них используются принципы и преимущества архитектуры, управляемой событиями (Event-driven architecture, EDA) [1]. В последнее десятилетие наблюдается постепенный переход к этой архитектуре и отказ от парадигмы «жёсткого» вшивания бизнес-логики в код приложения, не предполагающего гибкую перенастройку. Реализация программных систем, подчинённых событиям, отражает событийную природу реального мира, что даёт предприятиям существенное финансовое и стратегическое преимущество [2].

Для покомпонентного тестирования приложений с «классической» архитектурой разработано большое количество средств и технологий, в частности технология модульного тестирования [3]. Для событийно-управляемых приложений в настоящее время активно идёт процесс разработки подобных технологий [4, 5], однако универсального и повсеместно принятого решения пока нет.

В рамках данной работы рассматривается подход к автоматизации тестирования событийно-управляемых распределённых систем и учебно-методические средства и материалы, разработанные для обучения данному подходу.

1. ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ С СОБЫТИЙНО-УПРАВЛЯЕМОЙ АРХИТЕКТУРОЙ

EDA — архитектура, в которой система строится на основе взаимодействия компонентов (модулей) по событиям. Её центральным элементом является шина передачи сообщений (рис. 1).

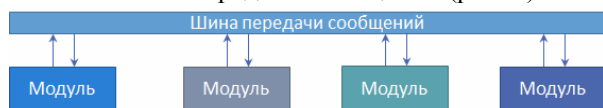


Рис. 1. Коммуникационная среда EDA

Шина передачи сообщений обеспечивает возможность синхронной и асинхронной передачи событий (сообщений) между параллельно выполняющимися компонентами в адресном и безадресном режиме как на уровне отдельно взятой машины, так и на уровне вычислительной системы в целом. Сообщения в шине сообщений возникают асинхронно по мере отправки их модулями. У каждого модуля существует очередь направленных ему сообщений, откуда он их забирает по мере готовности к обработке. Сообщения обычно представляют собой контейнерные объекты, имеющие системные атрибуты (код, источник, приемник, время отправки, приоритет и др.), и произвольные пользовательские атрибуты (определённые для каждого типа). Совокупность описаний сообщений (связывающих тип и пользовательские атрибуты) обычно формирует протокол, связанный с какой-нибудь бизнес-сферой.

Важной особенностью архитектуры EDA является слабая связность компонентов, что существенно упрощает поддержку, модификацию и развитие программной системы. Инициатор и обработчик в этой архитектуре не связаны друг с другом напрямую (компонент, публикующий событие, может ничего не знать о компоненте, который на это событие среагирует, в идеальном случае оба знают только интерфейсы шины передачи сообщений). Алгоритм управления потоком данных является распределённым и определяется принимающей стороной на основе самого сообщения. В шине передачи сообщений может реализовываться и более сложный алгоритм фильтрации сообщений на основе формирования из подключений модулей объединений многие-ко-многими, подписок и др. Таким образом, EDA обеспечивает единый интерфейс взаимодействия компонентов между собой, а заодно формирует слой, изолирующий элементы системы друг от друга, что удобно для тестирования.

Архитектура позволяет реализовывать как среднеструктурный (параллельное исполнение модулей), так и крупноструктурный (параллельное функционирование компонентов приложения) параллелизм. При этом не исключается реализация мелкоструктурного параллелизма (при реализации каждого из подключаемых модулей).

В более развитом варианте EDA накладывает ограничения и на способ реализации подключаемых к шине модулей. Например, проектирование и создание любого модуля могут быть основаны

на создании полного списка возможных сценариев его поведения (успешные и неуспешные сценарии), протокола взаимодействия (полный и однозначный список «сообщений», который может воспринимать модуль), а также «конечного автомата» («машины состояний») — полного списка возможных состояний модуля и условий перехода между этими состояниями.

Протокол является спецификацией языка взаимодействия модуля с внешним окружением. В общем случае один и тот же протокол может удовлетворять потребностям нескольких модулей (а также один модуль может поддерживать несколько протоколов), поэтому протокол неправильно считать производной конкретного модуля — протоколы являются самостоятельными сущностями, обеспечивающими коммуникационную составляющую модулей.

В соответствии с решаемыми задачами и предъявляемыми требованиями модули и протоколы претерпевают изменения, меняя свои архитектуру, функциональные и другие возможности. При накоплении изменений, меняющих в итоге принципиальные характеристики модуля или протокола, принимается, что эта структурная единица уже нового, следующего поколения. Небольшие эволюционные изменения, не меняющие базовые характеристики модуля, относятся обычно к одному поколению. Таким образом, поколение — это семейство версий модуля или протокола, не имеющих принципиальных отличий в принципе работы.

Возможна ситуация, когда один и тот же модуль поддерживает протокол и старого, и нового поколения. При отнесении модуля к тому или иному поколению определяющим фактором является изменение его тестов:

- если существующие тесты не изменились, но добавились новые (для тестирования нового поколения протокола), это значит, что модуль поддерживает и старый, и новый протоколы;
- если существующие тесты изменились, это значит, что появилось новое поколение самого модуля. Прежнее поколение модуля поддерживает прежнюю редакцию тестов, а новое поколение — новую.

При объединении модулей и протоколов в единый продукт они должны быть совместимы и поддерживать текущие поколения друг друга.

2. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ СОБЫТИЙНО-УПРАВЛЯЕМОЙ СИСТЕМЫ

Опираясь на свойства EDA и технологию модульного тестирования, может быть сформулирован общий принцип модульного и интеграционного тестирования приложений, построенных по архитектуре EDA — тестирование, опирающееся на контроль сценария обмена модулей событиями (сообщениями).

Для автоматизации тестирования модулей используется универсальный тестирующий модуль («плеер» тестов). Его взаимосвязь с тестируемым модулем показана на рис. 2.

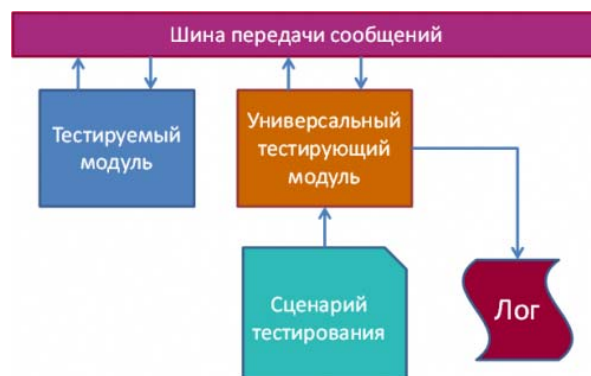


Рис. 2. Универсальный тестирующий модуль

Как видно из рисунка, все взаимодействия модулей происходят по общему принципу — через шину передачи сообщений. Универсальность тестирующего модуля заключается в том, что он сам является типичным функциональным модулем, подчиняется всем основополагающим принципам создания продукта и, основываясь на эти принципы, может использоваться для тестирования любого модуля, в том числе и себя самого.

Тестирование выполняется на основе сценария. Сценарий содержит зафиксированную последовательность отправляемых сообщений тестируемому модулю, ожидаемых сообщений от тестируемого модуля и проверок. Причём проверяться может как факт поступления какого-либо сообщения, так и его параметры. Этот сценарий зафиксирован в скрипте — текстовом файле, написанном на специально разработанном структурированном языке, содержащем инструкции (команды) для управления модулем-тестировщиком.

Каждый скрипт автоматизированного тестирования соответствует отдельному сценарию поведения модуля, созданному при создании модуля.

Результат тестирования выводится в лог — на консоль либо в текстовый файл.

Скрипт тестирования является текстовым файлом. Любой скрипт тестирования состоит из двух секций:

- **Modules** — содержит описание тестируемых модулей, загружаемых для выполнения теста. (Может отсутствовать, если тестируемые модули загружаются инструкциями, описанными в секции Script.);

- **Script** — содержит сообщения, подаваемые на вход тестируемого модуля, и соответствующие им сообщения, ожидаемые в ответ от тестируемого модуля. Также может содержать другие инструкции, влияющие на очередность проведения тестирования.

Пример скрипта тестового модуля показан на листинге ниже:

Modules ; это ключ первого уровня, определяющий ; секцию Modules
Module1 : Uniteller.Framework.Kernel.Tester.Responder
; Module1 - это переменная, хранящая адрес, назначенный ; модулю Responder, по которому позже будет обращение к ; модулю в скрипте

Script ; второй ключ первого уровня, определяющий секцию ; Script
; В секции Script будут шаги, определяющие программу ; тестирования

Секция Modules имеет следующий формат:

Modules

Variable : тип_модуля
[Generation : поколение_модуля]
[Protocol : имя_протокола]
[Generation : поколение_протокола]

где:

- **Variable** — переменная, в которой будет храниться адрес тестируемого модуля. В дальнейшем будет использоваться в скрипте для адресации входящих и исходящих событий. Если в секции Modules указано несколько модулей, то соответствующие имена переменных должны быть уникальными;

- **тип_модуля** — тип тестируемого модуля, по которому он загружается фабрикой;

- **поколение_модуля** — целочисленный номер поколения модуля. Необязательный параметр; если указан, то при загрузке модуля осуществляется проверка того, что загружается именно модуль указанного поколения, если не указан, то проверка не осуществляется, и загружается имеющийся модуль;

- **имя_протокола** — имя протокола заданного тестируемого модуля. Необязательный параметр; если указан, то при загрузке модуля осуществляется проверка того, что загружаемый модуль поддерживает указанный протокол, если не указан, то проверка не осуществляется;

- **поколение_протокола** — целочисленный номер поколения протокола. Необязательный параметр; если указан, то при загрузке модуля осуществляется проверка того, что загружаемый модуль поддерживает указанный протокол нужного поколения, если не указан, то проверка не осуществляется.

На первом этапе «плеер» тестов загружает все модули, указанные в секции Modules. После того, как модуль загружен, он готов **воспринимать** сообщения и реагировать на них.

Секция **Script** обязательна в каждом скрипте тестирования (но теоретически секция Script может быть пустой (не содержать ни одного шага), тогда «проигрыватель» тестов только загрузит тестируемый модуль и успешно завершит свою работу). Она содержит сообщения, подаваемые на вход тестируемого модуля, и соответствующие им сообщения, ожидаемые на выходе из тестируемого модуля. Также может содержать другие инструкции, влияющие на очередность проведения тестирования.

Секция Script имеет следующий формат:
Script

Номер_шага : Команда [параметры команды]
[доп. ключи команды]

где:

- **Номер_шага** — порядок в очереди теста выполнения этой инструкции. В качестве номера шага (индекса) могут использоваться цифры и буквы латинского алфавита. Порядок выполняемых шагов скрипта в конечном счёте будет определяться не последовательностью записи шагов в скрипте, а предварительной лексикографической сортировкой номеров шагов скрипта по возрастанию (например, 01, 1, 11, 2, 3, 4, ...);

- **Команда** — инструкция модулю тестирования.

Типовыми командами в скрипте тестирования являются инструкции, описывающие отправку сообщения, и инструкции, описывающие приём и верификацию сообщения.

Для отправки сообщения из скрипта используется инструкция **Send**. Она имеет следующий формат:

: **Send** <Target1> [: <Target2>][, Пауза]

Имя_сообщения : Поколение
[Параметр1 : Значение1]
[...]
[ПараметрX : ЗначениеX]

где:

- **Target1** — адрес модуля, которому отправляется сообщение;

- **Target2** — адрес модуля, от имени которого отправляется сообщение. Если эта опция не используется, то сообщение отправляется от имени тестирующего модуля;

- **Пауза** — время в миллисекундах, которое тестирующий модуль будет ждать перед тем, как выполнить отправку заданного сообщения. Если эта опция не используется, то сообщение отправляется сразу;

- **Имя_сообщения** — имя сообщения, которое требуется отправить, указывается полностью;

- **Поколение** — номер поколения отправляемого сообщения. Необязательный параметр;

- **Параметр1(-X)** — имя(-ена) параметра(-ов) отправляемого сообщения;

- **Значение1(-X)** — значение(-я) соответствующего параметра(-ов) отправляемого сообщения.

Если какой-то параметр отправляемого сообщения не указан, ему будет присвоено значение по умолчанию (если такое определено в протоколе) или значение по умолчанию для данного типа: пустая строка, 0 или false.

Инструкция **Receive** описывает точку ожидания сообщения от тестируемого модуля. В процессе приёма сообщения его параметры могут быть верифицированы. Формат этой секции:

: **Receive** <Address> [, Время_ожидания]

Имя_сообщения : Поколение
[Параметр1 : Значение1]
[...]
[ПараметрX : ЗначениеX]

где:

- **Address** — адрес модуля, от которого ожидается заданное сообщение;
- **Время_ожидания** — время (тайм-аут) в миллисекундах, в течение которого будет ожидать заданное сообщение. Если эта опция не используется, то сообщение ожидается одну минуту;
- **Имя_сообщения** — имя ожидаемого сообщения, указывается полностью;
- **Поколение** — номер поколения ожидаемого сообщения. Необходимо для проверки совместимости поколений;
- **Параметр1(-X)** — имя(-ена) параметра(-ов) ожидаемого сообщения;
- **Значение1(-X)** — значение(-я) соответствующего параметра(-ов) ожидаемого сообщения; используется для проверки значения.

Помимо параметров полученного сообщения, описанных в его протоколе, могут быть проверены и системные параметры.

С использованием инструкций Send и Receive может быть запрограммирован достаточно сложный тестируемый сценарий обмена. Ниже приведен пример скрипта тестирования:

Modules ; Список модулей, которые будут загружены для тестирования

Module1 : Uniteller.Framework.Kernel.Tester.Responder ; Загружаемый для тестирования модуль (Responder)

Script ; Исполняемый скрипт

1 : **Send** <Module1> ; Шаг первый, команда Send; адресат ; Module1, который мы указали в секции Modules

Kernel.Tester.Responder.MessageExample : 1 ; Событие MessageExample из протокола ; Kernel.Tester.Responder первого поколения

3 : **Receive** <Module1> ; шаг второй - команда Receive ; принимаем от Module1

Kernel.Tester.Responder.MessageExample : 1

3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕСТИРОВАНИЯ СОБЫТИЙНО-УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ

Для обучения приведённым принципам тестирования программ, построенных по событийно-управляемой архитектуре, разработан учебно-методический комплект из программного обеспечения, комплекта лабораторных работ, интернет-ресурса и лекций, вошедших в состав курса «Методы контроля программ».

На рис. 3 показан лог запуска скрипта из вышеприведённого примера с помощью разработанного плеера тестов.

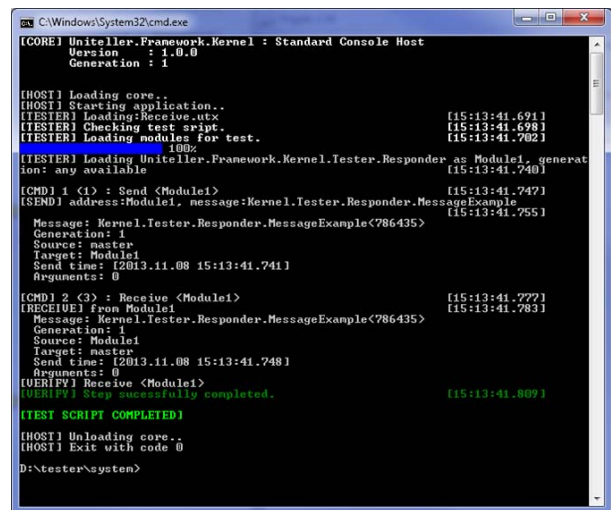


Рис. 3. Результат запуска скрипта

Созданные материалы позволяют познакомиться обучающихся с проблемами, возникающими при тестировании крупных программных проектов, дают практическое знание современных технологий автоматизации, представление о современном процессе разработки программного обеспечения с применением CASE-средств на основе концепции фабрики программного обеспечения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение перспективных информационных технологий в учебный процесс позволяет значительно улучшить качество освоения и доступность учебных материалов. Разработанные материалы позволяют изучить базовые принципы современной технологии тестирования распределенных событийно-управляемых систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Куриленко И.Е., Борисов А.В., Ян Пайнг Хейн.** Реализация управляемой программной архитектуры // Труды XX международной научно-технической конференции «Информационные средства и технологии». М.: Издательский дом МЭИ, 2012. С. 144—151.
2. **Черняк Л.** EDA — архитектура, управляемая событиями // Открытые системы. СУБД. 2005. № 2.
3. **Куриленко И.Е., Варшавский П.Р.** Модульное тестирование. М.: Издательский дом МЭИ, 2011. 48 с.
4. **Josef Schiefer, Gerd Saurer, Alexander Schatten.** Testing event-driven business processes. // Journal of Computers. 2006. Vol. 1. No 7. P. 69—80.
5. **Ding Xiao-ling, Ding Chun, Hou Yong-hong.** An Approach to Event-Driven Software Testing // Transactions of Tianjin University. 2002. Vol. 8. No 4.

I.E. Kurilenko

ivan@appmat.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

TEST AUTOMATION OF THE LARGE DISTRIBUTED SOFTWARE SYSTEMS BASED ON EVENT-DRIVEN ARCHITECTURE

SUMMARY

The report examines an approach to providing automated tests of large distributed software systems based on event-driven architectures, and its educational and methodological support.

РАСЧЁТНАЯ ОЦЕНКА ПОВРЕЖДЁННОСТИ ОТ МНОГОЦИКЛОВОЙ УСТАЛОСТИ РОТОРОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПАРОВЫХ ТУРБИН

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён рассмотрению расчётного метода оценки повреждённости от многоциклового усталости роторов высокого давления (РВД) паровых турбин в области паровпуска. Приведён пример расчётной оценки повреждённости от многоциклового усталости в зоне галтели диафрагменного уплотнения первой ступени РВД турбины К-800-240-5 ЛМЗ.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из наиболее важных элементов паровых турбин, определяющих их надёжность, являются роторы высокого давления (РВД). Они находятся в условиях воздействия комплекса нагрузок различного вида переменных во времени. В связи с этим особую актуальность имеют расчётные оценки повреждённости металла ротора. Использование таких расчётных методов при подготовке магистерских диссертаций повышает уровень научной работы при оценке ресурса ротора в условиях нерегулярного нагружения. Расчётные оценки проводятся как на стадии проектирования, так и при расчёте остаточного ресурса ротора при изменении режима эксплуатации.

Рассмотрению основных аспектов расчётного метода оценки повреждённости РВД паровых турбин от многоциклового усталости при асимметричном цикле нагружения, учитывающего температурные напряжения в сочетании с переменными упругими напряжениями, посвящён данный доклад. Метод оценки повреждённости от многоциклового усталости РВД паровых турбин в области паровпуска разработан на основе анализа и обобщения материалов по усталостным свойствам роторных сталей с учётом высоких температур, концентрации напряжений, масштабного фактора и асимметрии нагружения при схематизации реального изменения напряжений во времени в рассматриваемой зоне ступенчатым нерегулярным нагружением.

1. ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ВЫЗЫВАЮЩИЕ ПОВРЕЖДЁННОСТЬ МЕТАЛЛА РВД

Работа при высокой температуре и статических напряжениях вызывает в металле ротора повреждённость от ползучести. Переменные температурные напряжения вызывают повреждённость от малоциклового усталости.

Переменные упругие напряжения при многоциклового усталости связаны с наличием прогиба ротора от собственного веса, поперечной нагруз-

ки в регулирующей ступени при частичной нагрузке турбины, с расцентровкой опор и полумуфт, с потерей устойчивости движения на масляной плёнке и от парового возбуждения, приводящего к низкочастотной вибрации (НЧВ), с собственной неуравновешенностью ротора или с прохождением резонансных зон при пусках и остановах. В случае достаточно больших растягивающих температурных напряжений на поверхности РВД в зоне концентратора напряжений переменные упругие напряжения могут вызывать повреждённость от многоциклового усталости при асимметричном цикле нагружения. При этом появление большой величины растягивающих температурных напряжений на поверхности ротора происходит из-за повышенных скоростей снижения температуры пара во время снижения нагрузки турбины и при принудительном расхолаживании во время останова, а также при пуске из горячего состояния, если температура пара существенно ниже температуры металла ротора. Следует отметить, что именно большие температурные напряжения в сочетании с переменными упругими в зоне концентрации напряжений могут привести к появлению поврежденности от многоциклового усталости.

В настоящее время ресурс высокотемпературных роторов паровых турбин оценивается только с учётом повреждённости от малоциклового усталости и ползучести. Действительно, эти факторы вносят основную долю в повреждённость РВД. Вместе с тем были выявлены случаи, когда трещина в РВД была вызвана многоциклового усталостью и привела к разрушению ротора [1].

2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДА РАСЧЁТА ПОВРЕЖДЁННОСТИ МЕТАЛЛА РВД

Многоциклового усталость в рассматриваемом случае представляет собой асимметричное нагружение, при котором среднее напряжение цикла складывается из температурных напряжений, напряжений от центробежной силы и осевых напряжений, а амплитуда переменных напряжений определяется вибрационной нагрузкой.

Предполагается известным изменение во времени интенсивности температурных напряжений с учётом концентрации напряжений в середине РВД в области концентратора напряжений. Известны также значения напряжений от центробежных сил и осевых напряжений в данной об-

ласти. Это может быть тепловая канавка диафрагменного уплотнения первой ступени или задняя галтель диафрагменного уплотнения первой ступени РВД. Оценка усталостной поврежденности проводится с учётом высоких температур, концентрации напряжений, масштабного фактора, асимметричного цикла усталостного нагружения.

Процесс изменения температуры пара в регулирующей ступени при снижении нагрузки имеет вид, приведённый на рис. 1 [2]. Изменение интенсивности температурных напряжений на поверхности РВД в концентраторе напряжений во времени получено по результатам расчётов, приведённым в работе [2].

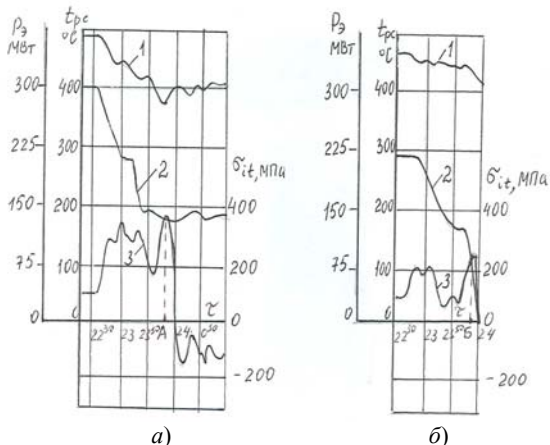


Рис. 1. Изменение температуры пара в камере регулирующей ступени t_{pc} , мощности турбины P_3 и термнапряжённого состояния σ_{it} РВД паровой турбины в зоне тепловой канавки диафрагменного уплотнения при переходных режимах: разгрузке на ночь (а) и останове в резов (б)

Наряду с температурными напряжениями учитываются окружающие напряжения от вращения ротора и осевые напряжения.

Реальный процесс изменения напряжений на поверхности ротора можно представить в виде ступенчатого нагружения. Каждая ступенька представляет собой асимметричный цикл нагружения с неизменными средним значением напряжений σ_m и амплитудой переменных напряжений σ_a . Таким образом, процесс нагружения сводится к нерегулярному ступенчатому асимметричному усталостному нагружению. Суммирование поврежденности металла от многоциклового усталости проводится по гипотезе линейного суммирования повреждений:

$$\psi = \sum \frac{\Delta n_i}{N_{fi}},$$

где Δn_i — число циклов нагружения на i -й ступеньке нагружения с некоторой амплитудой напряжений σ_{ai} при постоянном значении напряжений σ_{mi} ; N_{fi} — число циклов до зарождения трещины по усталостной кривой при неизменных значениях σ_{ai} и σ_{mi} за весь процесс нагружения,

отвечающее пятидесятипроцентной вероятности зарождения усталостной трещины.

Условие прочности для зоны концентратора напряжений РВД предполагает, что суммарная поврежденность от малоциклового усталости, ползучести и многоциклового усталости при линейном суммировании равна 1.

Рассматриваются только те периоды эксплуатации, когда температурные напряжения на поверхности ротора являются растягивающими, поскольку наличие сжимающих средних напряжений цикла приводит к повышению сопротивления усталости материала. В качестве среднего напряжения цикла на данной ступеньке нагружения σ_{im} рассматривается интенсивность максимальных напряжений в концентраторе напряжений от температурных напряжений, осевых напряжений и напряжений от вращения ротора.

При многоциклового усталости число циклов до разрушения N_p в зависимости от амплитуды напряжений σ_a определяется по кривой Веллера. При высоких температурах эта кривая имеет две ниспадающие ветви с точкой перегиба при числе циклов N_0 .

Для реальных условий эксплуатации ротора наибольшее число циклов нагружения за весь срок эксплуатации при наибольшей частоте переменного нагружения составит $N_s = 10^{11}$ циклов. Этому числу циклов соответствует предельная амплитуда напряжений σ_s .

Предполагается, что за весь срок эксплуатации ротора усталостное нагружение с амплитудами, меньшими σ_s , не вносит поврежденности в материал ротора.

Число циклов до зарождения трещины N_f в зависимости от амплитуды нагружения σ_a определяется линией Френча. При высоких температурах она также имеет две наклонных ветви. Предполагаем, что перегиб линии Френча также отвечает числу циклов N_0 и точка с координатами (σ_s, N_s) общая для линий Френча и Веллера. Амплитуда напряжений σ_{Rf} отвечает числу циклов N_0 по линии Френча. В этом случае зависимости, описывающие два ниспадающих участка линии Френча имеют вид

$$N_f = N_0 \left(\frac{\sigma_{Rf}}{\sigma_a} \right)^{mf1}, \text{ при } \sigma_a \geq \sigma_{Rf};$$

$$N_f = N_0 \left(\frac{\sigma_{Rf}}{\sigma_a} \right)^{mf2}, \text{ при } \sigma_s \leq \sigma_a \leq \sigma_{Rf}.$$

Здесь σ_{Rf} — предел выносливости детали в условиях асимметричного нагружения по линии Френча

Параметры усталостных кривых определялись на основании анализа и обобщения имеющихся данных по роторным сталям [5]. Расчётные зави-

симости для коэффициентов концентрации, коэффициента снижения предела выносливости для реальной детали и оценки влияния асимметрии нагружения на величину ограниченного предела выносливости приведены в работах [6—9].

3. РАСЧЁТ ПОВРЕЖДЁННОСТИ В ЗОНЕ ЗАДНЕЙ ГАЛТЕЛИ ДИАФРАГМЕННОГО УПЛОТНЕНИЯ ПЕРВОЙ СТУПЕНИ РВД ТУРБИНЫ К-800-23,5-5

В качестве примера проведён расчёт повреждённости в зоне задней галтели диафрагменного уплотнения первой ступени РВД турбины К-800-23,5-5 при изменении температурных напряжений во времени, аналогичное приведённому на рис. 1.

Для оценки повреждённости от многоциклового усталости при известных значениях среднего напряжения цикла и амплитуды переменных напряжений на каждой ступеньке нерегулярного нагружения в рассматриваемой зоне РВД удобно построить серию усталостных кривых (линий Френча) для диапазона средних значений напряжений цикла от 0 до 450 МПа. Здесь среднее напряжение цикла — это интенсивность максимальных напряжений в зоне концентратора напряжений, учитывающая температурное напряжение и напряжение от вращения ротора.

При расчёте усталостных кривых использовались следующие данные. Геометрические размеры ротора в области галтели диафрагменного уплотнения $r_1 = 260$ мм, $r_2 = 280$ мм, $\rho_2 = 6$ мм [1].

Число циклов $N_0 = 1,7 \cdot 10^7$, а величина $N_s = 10^{11}$ циклов. Величина предела выносливости детали при симметричном цикле нагружения определяется с учётом масштабного фактора и концентрации напряжений. Величина теоретического коэффициента концентрации при изгибе вала равна $\alpha_\sigma = 2,738$. Величина отношения $K_\sigma/K_{D\sigma}$, учитывающая влияние масштабного фактора и концентрации напряжений, равна 3,557. При значении коэффициента, учитывающего шероховатость поверхности $K_{F\sigma} = 0,9$, величина коэффициента снижения предела выносливости по равна 3,668.

При температуре 500 °С для стали Р2МА предел прочности $\sigma_b = 615$ МПа, предел текучести $\sigma_T = 520$ МПа [5]. Предел выносливости гладкого образца при симметричном цикле нагружения и температуре 500 °С равен 300,4 МПа. Если учесть снижение предела выносливости материала РВД при эксплуатации более 50 тыс. ч на 12 % [1], то величина предела выносливости будет равна 264,35 МПа. Таким образом, величина предела выносливости с учётом рабочей температуры, концентрации напряжений, масштабного фактора и шероховатости поверхности при симметричном цикле нагружения) составит $\sigma_{-1Д} = 72,061$ МПа.

Для значения среднего напряжения цикла в диапазоне от 0 до 450 МПа получены значения предела выносливости при асимметричном нагружении σ_{RD} .

Оценим повреждённость от многоциклового усталости в рассматриваемой зоне РВД, например, для случая, когда интенсивность максимальных напряжений, учитывающая осевые и окружные температурные напряжения, а также осевые напряжения и напряжения от вращения ротора, равна 380 МПа (рис. 1, а, т.А). В этом случае предельная амплитуда напряжений $\sigma_s = 26,996$ МПа. Амплитуды переменных напряжений, меньшие этого значения, не вносят повреждённости от многоциклового усталости в материал ротора: амплитуды переменных напряжений $\sigma_a = 16$ МПа [4] от прогиба ротора и действия поперечной силы в данном случае не вносят повреждённости от многоциклового усталости за всё время эксплуатации турбины. При появлении амплитуды переменных напряжений от НЧВ $\sigma_a = 38$ МПа [4] число циклов до зарождения трещины составит $N_{Fi} = 2,949 \cdot 10^6$ циклов. Если принять, что время действия этого среднего напряжения составляет примерно 5 мин, то при частоте переменной нагрузки 25 Гц при НЧВ число циклов за это время составит $\Delta n_i = 7,5 \cdot 10^3$. Тогда повреждённость от многоциклового усталости за период повышения температурных напряжений на i -й ступеньке составит $\Delta \Psi_i = \Delta n_i / N_{Fi} = 2,54 \cdot 10^{-3}$. Режимов с такой нагруженностью в рассматриваемой зоне РВД должно быть не более 100 за весь срок эксплуатации, поскольку данная повреждённость является дополнительной к повреждённости от ползучести и малоциклового усталости. Например, число остановов с принудительным захлаживанием, когда скорости снижения температуры пара могут в 2—3 раза превышать допустимые, равно 50—60 в течение всего периода эксплуатации [10]. Следует отметить, что в рассмотренном случае высокие температурные напряжения (см. рис. 1, а) были вызваны скоростью снижения температуры пара существенно выше допустимой для РВД [3]. Кроме того, величины амплитуды переменных напряжений от НЧВ определяются условиями эксплуатации и особенностями конструкции и могут быть намного ниже рассмотренных. Вместе с тем, если реализуют такие режимы нагружения ротора, необходимо учитывать дополнительную повреждённость от многоциклового усталости.

Для случая, приведённого на рис. 1, б, когда скорость снижения температуры пара меньше допустимой, величина среднего напряжения цикла нагружения составляет 280 МПа, при такой же амплитуде переменных напряжений 38 МПа число циклов до зарождения усталостной трещины N_{Fi} составит $1,388 \cdot 10^{10}$ циклов. Повреждённость

от многоциклового усталости за период повышения температурных напряжений при числе циклов $\Delta n_i = 7,5 \cdot 10^3$ составит $\Delta \Psi_i = \Delta n_i / N_{Fi} = 5,40 \cdot 10^{-7}$. Если ежедневно в течение 30 лет эксплуатации будут иметь место такие режимы, то суммарная поврежденность от многоциклового усталости составит $\Psi = 5,916 \cdot 10^{-3}$, т.е. в этом случае многоцикловая усталость даже при таких больших амплитудах переменных напряжений не вносит поврежденности в материал ротора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной причиной появления поврежденности от многоциклового усталости РВД являются высокие растягивающие температурные напряжения на поверхности ротора в сочетании с переменными напряжениями от НЧВ, прогиба ротора в средней части от собственного веса и поперечной силы и ряда других причин.

Предложен расчётный метод оценки поврежденности от многоциклового усталости РВД паровых турбин в области паровпуска, разработанный на основе анализа и обобщения материалов по усталостным свойствам роторных сталей с учётом высоких температур, концентрации напряжений, масштабного фактора и асимметрии нагружения при схематизации реального изменения напряжений во времени в рассматриваемой зоне ступенчатым нерегулярным нагружением. Использование предложенного расчётного метода и разработанных программ позволяет повысить уровень научной работы магистров в области турбиностроения.

Оценка поврежденности от многоциклового усталости в зоне галтели диафрагменного уплотнения первой ступени РВД турбины К-800-240-5 ЛМЗ показала следующее. При геометрии галтели, заданной изготовителем, и режимах снижения температуры пара со скоростью, не превышающей допустимую, многоцикловая усталость не вносит поврежденности в материал ротора. Если снижение температуры пара происходит со скоростью, превышающей допустимую, то при амплитудах 38 МПа от НЧВ следует учитывать поврежденности от многоциклового усталости в зоне галтели диафрагменного уплотнения первой ступени РВД и ограничить число таких режимов. При том же среднем значении

напряжения цикла и амплитуде номинальных напряжений 16 МПа от прогиба ротора в средней части от собственного веса и поперечной силы практически не возникает поврежденности от многоциклового усталости в зоне галтели диафрагменного уплотнения первой ступени РВД за всё время эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Резинских В.Ф., Гладштейн В.И., Авруцкий Г.Д. Увеличение ресурса длительно работающих паровых турбин. М.: Издательский дом МЭИ, 2007. 296 с.
2. Надёжность теплотехнического оборудования ТЭС и АЭС / Г.П. Гладышев, А.Д. Трухний, Р.З. Аминов и др. М.: Высшая школа, 1991. 303 с.
3. Ограничение изменений нагрузки турбины при участии энергоблока в регулировании частоты и мощности энергосистемы / Лейзерович А.Ш., Плоткин Е.Р., Созаев А.С., Гончаренко З.Ф. // Теплоэнергетика. 1982. № 6. С. 25—28.
4. Концепция определения ресурса роторов с учётом вибрационного нагружения. / Д.Д. Корж, А.А. Кочетов, А.И. Куменко // Отчётная конференция-выставка по подпрограмме «Топливо и энергетика» научнотехнической программы «Научные исследования высшей школы по приоритетным направлениям науки и техники». Москва, 19—20 декабря 2001. М.: Издательство МЭИ, 2001. 44 с.
5. Трухний А.Д., Корж Д.Д., Лебедева А.И. Обобщенные характеристики усталости роторной стали Р2МА для использования в системах технической диагностики выработки ресурса // Теплоэнергетика. 2003. № 6. С. 16—21.
6. Трощенко В.Т., Сосновский Л.А., Сопrotивление усталости металлов и сплавов: Справочник. Ч. 1. Киев: Наукова думка, 1987. 508 с.
7. Когаев В.П. Расчёты на прочность при напряжениях, переменных во времени. М.: Машиностроение, 1993. 364 с.
8. Иванова В.С., Терентьев В.Ф., Пойда В.Г. К вопросу о критической повреждаемости на линии Френча при циклическом нагружении // Известия Академии наук СССР. Металлы. 1973. С. 128—135.
9. ГОСТ 25.504—82. Расчёты и испытания на прочность. Методы расчёта характеристик сопротивления усталости. М.: Издательство стандартов, 1982.
10. Термонапряжённое состояние роторов турбины К-800-240-3 / Г.Д. Авруцкий, Д.Х. Краковский, В.И. Нахимов и др. // Теплоэнергетика. 1982. № 4. С. 17—20.

A.I. Lebedeva, A.A. Prudnikov

LebedevaAI@mpei.ru, Prudnikoff@inbox.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

DAMAGE ASSESSMENT OF HIGH-CYCLE FATIGUE OF STEAM TURBINE HIGH PRESSURE ROTORS

SUMMARY

It was shown the method for damage assessing from the high-cycle fatigue of steam turbines high pressure rotors at the steam inlet area. Although it was shown the damage assessment from the high-cycle fatigue at the first stage fillet diaphragm gland area of K-800-240-5 steam turbine high pressure rotor produced by LMZ.

МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ СПОСОБОВ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КРИВЫХ И ПОВЕРХНОСТЕЙ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён представлению опыта преподавателей кафедры вычислительной техники Научно-исследовательского университета «МЭИ» (ВТ НИУ «МЭИ») в области организации обучения математическим основам построения геометрических моделей кривых и поверхностей в современных моделях САПР.

При освоении теоретического материала возникает проблема, связанная со сложностью адекватно проиллюстрировать процесс и результаты моделирования и возможности редактирования полученных моделей. Эта проблема решается преподавателями кафедры вычислительной техники за счёт использования возможностей САПР AutoCAD 2011-2015 и САПР Pro/ENGINEER (Creo Parametric).

Для достижения более высокой эффективности процесса освоения сложного математического материала студентами разных курсов и с разной математической подготовкой, на кафедре ВТ разработана методика параллельного изучения теории и выполнения практических заданий, иллюстрирующих те или иные особенности создания и редактирования моделей кривых и поверхностей на примере использования функционала популярных САПР.

ВВЕДЕНИЕ

Кафедра вычислительной техники Научно-исследовательского университета «МЭИ» в рамках направления «Информатика и вычислительная техника» готовит студентов по профилям подготовки «Системы автоматизированного проектирования (САПР)» (бакалавры) и «Программный и проектный менеджмент» (магистры). Для студентов этих специальностей — будущих специалистов в области применения автоматизированных интегрированных технологий на протяжении всего жизненного цикла изделия, необходимыми являются знания в области математических основ создания геометрических моделей кривых и поверхностей, а также приобретение практических навыков по созданию таких моделей в современных САПР. Знакомство с этими моделями происходит при подготовке бакалавров в рамках курса «Инженерная и компьютерная графика» (ИКГ). Углубление знаний в этой области продолжается при подготовке магистров во время освоения курса «Геометрическое моделирование в САПР».

Некоторые аспекты математических задач, решаемых при создании геометрических моделей кривых и поверхностей, а также способов их ре-

дактирования, не всегда возможно в полной мере разъяснить студентам, особенно на младших курсах, в рамках лабораторных и практических занятий по уже упомянутым дисциплинам (ИКГ). Для преодоления этой проблемы необходимо использовать функции создания и редактирования поверхностных моделей и кривых средствами современных САПР, качественно разъясняя основные методы и алгоритмы решения задач геометрического моделирования в этих системах. Студенты кафедры вычислительной техники имеют возможность освоить все современные методы формирования геометрических моделей средствами САПР AutoCAD 2011-2015 и САПР Pro/ENGINEER (Creo Parametric). Возможность работы студентов в системе Pro/ENGINEER (Creo Parametric) появилась благодаря участию кафедры вычислительной техники в программе компании РТС по внедрению своих интегрированных технологий проектирования в ведущие вузы мира. Лицензионные продукты компании Autodesk, включая и AutoCAD, в настоящее время доступны вузам. НИУ «МЭИ» не является в данном случае исключением, поэтому работать в САПР AutoCAD имеет возможность практически каждый студент. Практическая работа студентов в этих САПР в рамках лабораторного практикума под руководством преподавателей кафедры вычислительной техники позволяет ответить на многие вопросы, которые возникают при изучении математических основ построения моделей поверхностей и кривых.

1. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ КРИВЫХ

Пространственные и плоские кривые являются основой для построения сложных поверхностных моделей, которые, в свою очередь, являются базой для формирования оболочки твердотельных моделей проектируемых объектов. Для понимания особенностей формирования поверхностных моделей необходимы глубокие знания в области математических основ построения кривых.

Студенты, обучающиеся по профилю подготовки САПР и проектный и программный менеджмент, изучают способы построения следующих кривых:

- кубических сплайнов;
- нормализованных кубических сплайнов (кривых Эрмита);

- кривых Безье;
- рациональных кривых Безье;
- В-сплайн кривых (открытые, периодические, нормализованные периодические);
- рациональных В-сплайн кривых на равномерной сетке параметризации — NURBS кривых.

Для математического представления кривых в геометрическом моделировании используется параметрическое задание. Для таких кривых очень важным является понятие полигона кривой — совокупность опорных точек, по которым эти кривые строятся. Эти точки не стоит путать с определяющими точками, через которые формируемая кривая принудительно должна проходить. Основопологающим понятием теории построения кривых геометрических моделлеров САПР является также понятие выпуклого многоугольника, образованного опорными точками. Положение кривой по отношению к этому многоугольнику определяет возможности редактирования построенных кривых.

При построении кривых важным моментом является оценка их дифференциальных свойств. Например, влияние касательных в первой и последней определяющих точках кривой на её вид. Дифференциальные свойства кривой Безье оценить легко, так как данная кривая всегда касается первого и последнего отрезков полигона кривой. Качественно и наглядно в интерфейсе используемых САПР можно убедиться в изменении поведения кривой Эрмита и кубического сплайна при корректировке координат векторов касательных в первой и последней точке, так как эти координаты непосредственно присутствуют в математическом выражении, определяющем эти кривые.

Наиболее сложными для понимания среди рассматриваемых кривых являются В-сплайн кривые и NURBS кривые. Именно на результат построения этих кривых оказывает большое влияние выбор способа параметризации — по длине хорды, по длине дуги или равномерной параметризации [1,2]. Кривые NURBS и рациональные кривые Безье — самые гибкие с точки зрения редактирования среди всех кривых, используемых в геометрическом моделировании. Наличие весов, связанных с каждой опорной точкой, позволяет редактировать кривую не только традиционным способом, изменяя её полигон, но и изменяя веса кривой, тем самым приближая кривую к определяющим точкам.

2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ МОДЕЛЕЙ

В геометрическом моделировании используется следующая классификация поверхностных моделей:

Поверхности, построенные на базе точек:

- полигональные сетки; билинейная поверхность четырёхугольная и треугольная;
- бикубическая поверхность Кунса (на основе кривых Эрмита);
- четырёхугольные и треугольные поверхности Безье, В-сплайновые поверхности;
- поверхности NURBS.

Поверхности, построенные на базе кривых:

- линейная поверхность Кунса;
- билинейная треугольная поверхность;
- поверхности, построенные по кинематическому принципу (поверхность вращения; поверхность перемещения (заметания) (заметание на месте, простое выдавливание, сложное перемещение — sweep и lofting); линейчатая поверхность — поверхность соединения).

Полигональные сетки — представление поверхностной модели в виде совокупности плоских многоугольников. Данная модель является приближённой, но позволяет получить общее представление о моделируемом объекте. Кроме того, данную модель можно редактировать, например заменяя плоские полигоны на куски поверхностей и получая более реалистичное представление моделируемого объекта.

Простейшие sweep-поверхности, линейчатые поверхности, поверхности вращения могут быть представлены в виде математического выражения [1]. Для построения сложных sweep и loft поверхностей необходимо увеличить число кривых, участвующих в построении этих поверхностей, а также усложнить сам алгоритм создания поверхности [3].

Для математического представления поверхностей, построенных на базе точек, так же как и для кривых, используется параметрическое задание. Для описания поверхностей необходимо использовать два параметра U и V . Важным понятием для поверхностных моделей является понятие опорного многогранника, образованного опорными (управляющими) точками, по которым поверхность строится. Возможности редактирования поверхностных моделей напрямую связаны с их дифференциальными свойствами [1].

Особый интерес представляют возможности редактирования поверхностей, построенных на базе точек, путём работы с этими опорными точками (добавление, удаление, перемещение опорных точек). Важным моментом является понимание того, что происходит с результирующей поверхностью после изменения степени многочленов в U и V направлении.

Возможности редактирования NURBS отличаются от возможностей редактирования других поверхностей, построенных на основе опорных (управляющих точек). Наличие весов, связанных с каждой опорной точкой, делает возможности редактирования этих кривых более гибкими.

3. ВОЗМОЖНОСТИ САПР AUTOCAD 2011-2015 И САПР PRO/ENGINEER (CREO PARAMETRIC) ДЛЯ СОЗДАНИЯ И РЕДАКТИРОВАНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КРИВЫХ И ПОВЕРХНОСТЕЙ

Вышеперечисленные особенности построения кривых и поверхностей не всегда полностью понятны студентам только из теоретических курсов. Для более глубокого осмысления и иллюстрирования процесса моделирования кривых и поверхностей эффективным оказывается использование соответствующего функционала современных САПР.

Первое знакомство с современными САПР происходит у студентов в третьем семестре в рамках курса «Инженерная и компьютерная графика». При изучении возможностей AutoCAD 2011-2015 студенты осваивают способы построения кривых на основе двух команд: Pline и Spline [4].

Команда Pline фактически позволяет построить полигон кривой и с помощью команды редактирования (Pedit) по опорным точкам этого полигона построить B-сплайн кривую первой и второй степени. Видимостью полигона, по которому строится кривая, можно управлять с помощью команды Cvsnow (или изменением системной переменной SPLFRAME для AutoCAD более ранних версий).

Наибольший интерес представляет работа с командой Spline, с помощью которой можно построить NURBS кривые в двух режимах: по определяющим точкам (вершинам), т.е. точкам, через которые кривая должна проходить (Fit Points), или по управляющим вершинам — по полигону кривой (Control Vertex).

Кроме выбора способа построения можно задать тип параметризации кривой (Knots): по длине хорды, по длине дуги, равномерная параметризация.

В случае построения NURBS кривой по определяющим точкам можно задать направление касательной в первой и последней точках кривых. При таком построении кривой происходит расчёт опорных точек (определения полигона кривой) по определяющим точкам. На рис.1 показан результат построения NURBS кривой по определяющим точкам.

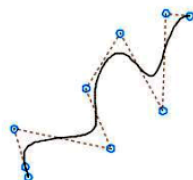


Рис. 1. NURBS кривая, построенная с помощью команды Spline по определяющим точкам

При формировании NURBS кривой по управляющим точкам (по полигону) можно поменять степень многочлена (Degree). На рис. 2 показаны

NURBS кривые третьей и пятой степени. Как следует из рисунка, при увеличении степени многочлена кривая становится более гладкой.

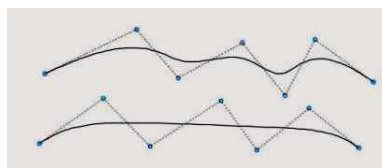


Рис. 2. NURBS кривые третьей и пятой степени, построенные с помощью команды Spline по управляющим точкам

При редактировании кривых, построенных с помощью команды Spline (команда SplineEdit), можно изменять положение как управляющих, так и определяющих вершин, после чего происходит пересчёт кривой.

На старших курсах, когда студенты в рамках курса «Геометрическое моделирование в САПР» приобретают более глубокие знания в области математических основ построения кривых, возможности САПР Pro/ENGINEER (Creo Parametric) позволяют оценить свойства изучаемых кривых с помощью команды Curve [5]. Различные кривые могут быть построены по их математическому выражению. На рис. 3 представлено описание кривой Эрмита в диалоге этой команды.

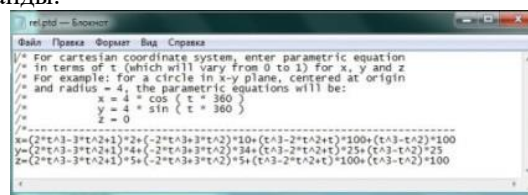


Рис. 3. Описание кривой Эрмита в команде Curve

Редактирование этой кривой может происходить путём изменения значений координат опорных точек или путём изменения координат векторов касательных в первой и последней точках кривой.

На рис. 4 показаны кривая Эрмита, кривая Безье и нормализованный периодический B-сплайн, построенные по одним и тем же опорным точкам с помощью команды Curve.

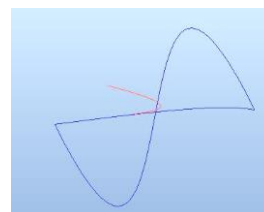


Рис. 4. Кривая Эрмита, кривая Безье и нормализованный кубический сплайн

Командный интерфейс САПР AutoCAD 2011-2015 позволяет познакомить студентов с основными принципами построения поверхностных моделей. В функционале этой САПР есть команды, с помощью которых можно построить по-

верхностные модели в виде полигональных сеток (группа команд MESH), процедурные поверхности, NURBS поверхности. При построении всех этих поверхностей основным принципом формирования модели является кинематический принцип. Для полигональных сеток — это команды Revolved Mesh, Tabulated Mesh и Ruled Mesh [4]. В случае построения процедурных поверхностей и NURBS поверхностей кинематический принцип построения становится более сложным. Помимо построения поверхностей с помощью простого перемещения (Extrude), вращения (Revolve) и соединения (Blend) есть возможность построить поверхности перемещения по более сложному алгоритму — команды Loft и Sweep. При построении полигональных сеток можно построить линейную поверхность Кунса (поверхность, построенную на основе четырех смыкающихся кривых) — команда Edge Mesh.

На младших курсах студенты ещё не обладают достаточными знаниями для понимания некоторых особенностей построения поверхностных моделей. Поэтому задача преподавателя на простых примерах показать и качественно пояснить, что происходит с поверхностными моделями при изменении некоторых параметров, влияющих на результат моделирования.

Первое понятие, относящееся к поверхностным моделям, которое необходимо пояснить студентам, это U и V линии. Эти линии являются геометрической интерпретацией параметров U и V , которые позволяют представить математическое описание поверхности в параметрическом виде. Наглядно представить и понять, что такое U и V линии позволяет построение поверхностей по кинематическому принципу в виде полигональных сеток.

Важным моментом при освоении поверхностных моделей на этом этапе является знакомство с возможностью аппроксимации полигональных сеток, т.е. заменой плоских полигонов на куски поверхностей на базе кривых Безье, B-сплайнов второй и третьей степени. Для выполнения аппроксимации необходимо изменить значения системных переменных SURFU и SURFV, с помощью которых определяется число U и V линий соответственно. После этого в команде редактирования Pedit выбрать опцию Spline Fit.

На рис. 5 показаны поверхностная модель, построенная с помощью команды Revolved Mesh (поверхность вращения), и результат аппроксимации этой поверхности на основе кривых Безье и B-сплайн кривых третьей степени.

Более глубокое освоение математических основ построения поверхностных моделей позволяет студентам осмысленно использовать команды построения и редактирования процедурных поверхностей и NURBS-поверхностей с помощью команд CAPP AutoCAD, которые появились в вер-

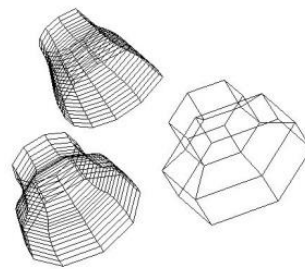


Рис. 5. Поверхность вращения до и после аппроксимации

сии AutoCAD 2011. Для моделирования процедурных поверхностей и NURBS поверхностей используются одни и те же команды — Loft, Revolve, Extrude, Sweep, Blend [4]. Результат моделирования — процедурная поверхность или NURBS поверхность — зависит от значения системной переменной SURFACEMODELINGMODE. Если значение этой переменной равно 0, то результирующая поверхность — процедурная, в противном случае — NURBS поверхность. В чём отличие процедурных поверхностей от NURBS поверхностей? Процедурные поверхности целиком зависят от образующих их кривых. Если редактировать эти кривые, то происходит изменение и поверхностей. NURBS поверхности определяются опорным многогранником, т.е. управляющими вершинами, и, таким образом, NURBS поверхности обладают большими возможностями по их редактированию и выглаживанию.

Редактирование NURBS позволяет добавлять (CVADD), удалять (CVREMOVE), и перемещать вершины.

На рис. 6 показана исходная NURBS поверхность и результат ее редактирования после изменения положения управляющих вершин.

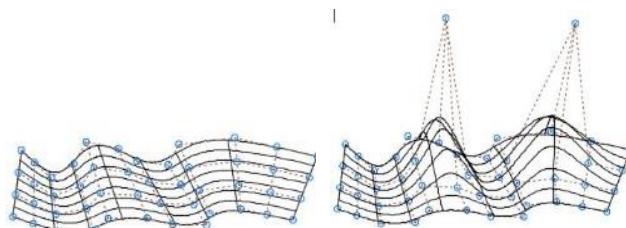


Рис. 6. NURBS поверхность до и после редактирования управляющих вершин

Особый интерес представляет выполнение редактирования при использовании опции CVREBUILD. Данная опция позволяет провести редактирование NURBS поверхности, изменяя параметры уравнения, описывающего её математическое задание: можно поменять число U и V линий и степень многочленов в одном и другом направлении. После этого происходит новое построение поверхности. На рис. 7 показано диалоговое окно, в котором происходит изменение этих параметров.

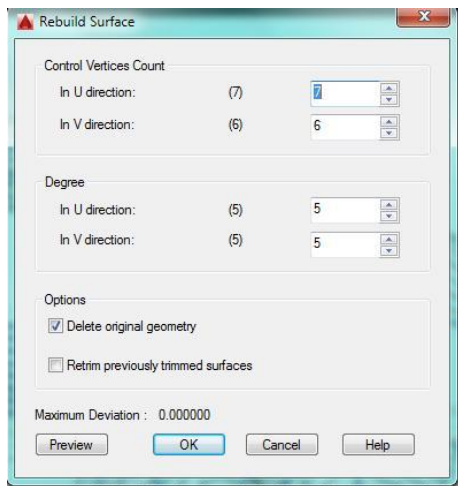


Рис. 7. Диалоговое окно изменения параметров NURBS поверхности

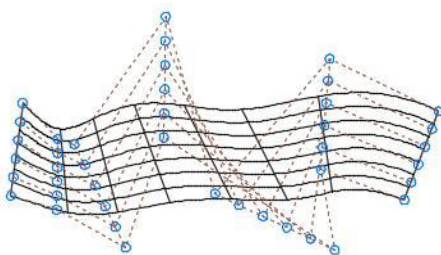


Рис. 8. NURBS поверхность после редактирования

На рис. 8 показан результат построения поверхности после изменения параметров исходной поверхности (рис. 6).

При освоении магистерской программы студенты знакомятся с САПР Pro/ENGINEER (Creo Parametric). Поверхностные модели в этой САПР можно построить на основе тех команд, с помощью которых выполняется построение твердотельных моделей. Подробно принципы работы этих команд изложены в работах [5,6]. Следует отметить, что работа с командами Sweep Blend и Blend снимает вопрос, который возникает при изучении теоретического курса: почему число сегментов в кривых должно быть одинаковым.

На рис. 9 показаны две поверхностные модели, выполненные с помощью команды Sweep Blend. Перемещение происходит вдоль кривой Безье, смешиваются два профиля—прямоугольник и окружность. Окружность должна быть разбита на четыре дуги, чтобы число сегментов прямоугольника и окружности совпали. На основе двух профилей получены две различные поверхности, так как направления перемещения по профилями отличаются.

Особый интерес представляет команда Boundary Blend, с помощью которой можно построить поверхность на основе кривых. Построение происходит в результате аппроксимации между заданными кривыми. На рис. 10 показана поверхность, построенная на основе двух кривых Безье.

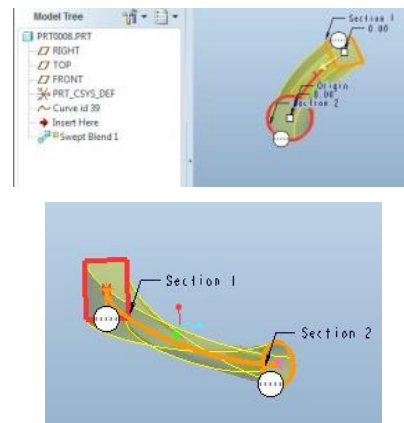


Рис. 9. Пример поверхностей, построенных с помощью команды Sweep Blend

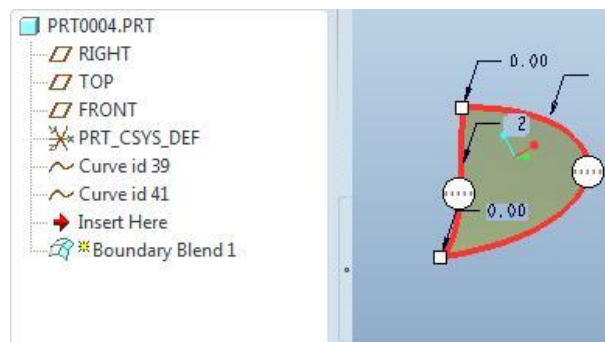


Рис. 10. Поверхность на основе двух кривых Безье, построенная с помощью команды Boundary Blend

4. ПРИМЕРЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ, ВЫПОЛНЯЕМЫХ СТУДЕНТАМИ В РАМКАХ МАГИСТЕРСКОЙ ПРОГРАММЫ

Для закрепления полученных теоретических и практических знаний студенты выполняют практические задания, реализующие некоторые алгоритмы построения геометрических моделей поверхностей и кривых в любой доступной им среде программирования.

Ниже приведены примеры таких заданий:

1. Построить кривые:

Открытый В-сплайн 3-й степени $n = 13$ (параметризация неравномерная).

Составную кривую Безье 3-й степени по 14 опорным точкам. Осуществить подбор точек полигона для выполнения условия стыковки по 1-й производной.

2. Заданы два *профиля*, которые расположены в начале и конце *lofting* поверхности. **Тип профилей** — *замкнутые кривые Безье 4-й степени по 12 опорным точкам* (полигоны разные).

Направляющая — отрезок прямой.

Образующие:

кривая на основе открытого В-сплайна 3-й степени по 12 опорным точкам (параметризация неравномерная) и **кривая на основе открытого В-сплайна 3-й степени по 12 опорным точкам** (параметризация равномерная).

Построить lofting поверхность, смешивая два профиля, фактор смешивания равен 0.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Используя функционал и возможности визуализации моделируемых кривых и поверхностей САПР Pro/ENGINEER (Creo Parametric) и AutoCAD 2011-2015, преподавателям кафедры ВТ удалось разработать методику преподавания основных принципов создания и редактирования поверхностных моделей и моделей кривых для студентов разных курсов, обладающих различными по глубине знаниями математических основ геометрического моделирования. Использование этих методик в дисциплинах «Инженерная и компьютерная графика» и «Геометрическое моделирование в САПР» для студентов, обучающихся по направлению «Информатика и вычислительная техника» на кафедре вычислительной техники, позволило им справиться с распространенной проблемой — сложностью освоения материала и оценки результата моделирования только на основе теоретических знаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Роджерс Д., Адамс Дж.. Математические основы машинной графики: Пер. с англ. М.: Мир, 2001.
2. Лешихина И.Е., Пирогова М.А. Использование открытых и периодических B-сплайнов для построения трёхмерных кривых в геометрических моделлерах САПР: учебн. пособие. М.: Издательский дом МЭИ, 2008.
3. Лешихина И.Е., Пирогова М.А. Геометрические модели трёхмерных поверхностей. Метод построения поверхностей по кинематическому принципу. М.: Издательство МЭИ, 2002.
4. Полецук Н.Н. AutoCAD 2011. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 752 с.
5. Минеев М.А., Прокди Р.Г. Pro/ENGINEER WILDFIRE 2.0/3.0/4.0. Самоучитель (Книга + Видеокурс). СПб.: Наука и техника, 2008.
6. Лешихина И.Е., Пирогова М.А. Использование средств Pro/ENGINEER для создания трёхмерных моделей в курсе «Геометрическое моделирование в САПР» // Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования — ИНФОРИНО—2012» (Москва, 10—11 апреля 2012 г.). М.: Издательский дом МЭИ, 2012. С. 206—209.

I.Y. Leshikhina, M.A. Pirogova

LeshikhinaIY@mpei.ru; PirogovaMA@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

METHODOLOGY OF STUDYING WAYS OF CONSTRUCTING GEOMETRIC MODELS OF CURVES AND SURFACES

SUMMARY

The report focuses on the presentation of the experiences of teachers of Faculty of Computer Engineering research University «MPEI» in the area of teaching mathematical basics of constructing geometric models of curves and surfaces in modern CAD modellers.

The theoretical material problem occurs with difficulty adequately illustrate the process and results of the modelling and the ability to edit derived models. This problem is solved by the teachers of the Department of computing through the AutoCAD 2011-2015 and CAD SYSTEM Pro/ENGINEER (Creo Parametric).

In order to achieve a high efficiency process for complex mathematical material students from different courses and different mathematical training, at the Department W has developed a methodology of parallel study of the developed a methodology of parallel study of the theory and implementation of practical exercises to illustrate those or other features model creation and editing curves and over the top.

ВНЕДРЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ САПР В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ ПО ПРОФИЛЮ «АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И АГРЕГАТЫ»

АННОТАЦИЯ

В докладе обсуждаются вопросы внедрения элементов систем автоматизированного проектирования (САПР) в образовательный процесс студентов, обучающихся по профилю «Автоматизированные гидравлические и пневматические системы и агрегаты». Раскрываются существующие проблемы подготовки инженерных кадров в части освоения новых технологий проектирования по данному профилю и предлагаются пути их решения.

ВВЕДЕНИЕ

В большинстве технических вузов РФ и тем более в вузах развитых стран курс САПР является неотъемлемой частью образовательной программы. Необходимость изучения такого курса в первую очередь обусловлена требованиями производственных предприятий, для которых использование элементов САПР в цикле создания новой техники позволяет существенно снизить сроки её разработки и изготовления, а также повысить качество конечной продукции. Кроме того, владение современными технологиями проектирования и анализа позволяет более эффективно и наглядно вести различные научные изыскания, причём не только в технической сфере. При всех очевидных преимуществах САПР ещё не все технические вузы России осуществляют обучение студентов его основам. В частности, студенты НИУ «МЭИ», обучающиеся по профилю «Автоматизированные гидравлические и пневматические системы и агрегаты» в силу специфики своего профиля имеют все условия для внедрения курса в образовательный процесс. Наряду с высоким уровнем преподавания классических дисциплин новый современный курс позволит существенно сократить традиционный разрыв между уровнем подготовки инженера-выпускника МЭИ и требованиями к соискателю у работодателя.

1. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА САПР

Курс может быть ориентирован прежде всего на тех студентов, которые планируют связать свою дальнейшую деятельность с конструкторскими разработками. Поэтому содержание курса должно в известной степени отвечать процессу разработки изделия вплоть до его изготовления и испытания. Применительно к техническому профилю подготовки «Автоматизированные гидрав-

лические и пневматические системы и агрегаты» базовый курс САПР может включать в себя три основных раздела:

- изучение CAD-систем (англ. *Computer-Aided Design*), которые ориентированы на ускорение процесса многовариантного конструирования, в том числе с использованием PDM (англ. *Product Data Management*) систем;
- изучение CAE-систем (англ. *Computer-aided engineering*) для осуществления виртуального анализа рабочего процесса проектируемого изделия с целью оперативного внесения изменений в конструкцию, минуя реальные испытания изделий;
- изучение CAM-систем (англ. *Computer-aided manufacturing*) для осуществления технологической проработки разработанных изделий.

1.1. CAD-системы

Современные CAD-системы широко представлены на рынке софт-товаров. Среди них можно выделить наиболее часто используемые в России: КОМПАС-3D, SolidWorks, Solid Edge, продукты AUTODESK и др. Каждый из CAD-продуктов, безусловно, имеет свои сильные стороны. Однако, в сущности, принцип работы с любой из них неизменный. CAD-система даёт возможность разработчику быстро и наглядно сформировать внешний облик изделия, которое он проектирует. Как правило, сначала в 3D создаются составные части изделия (детали), которые записываются в виде отдельных файлов в памяти ПК. Затем собирается сборочная единица, содержащая ссылки на созданные детали и условия сопряжения между ними. Сборочные единицы также могут сопрягаться между собой, формируя, таким образом, иерархию конечного продукта. Трёхмерные модели деталей изделия являются параметризованными, следовательно, есть возможность оперативного внесения изменений в их конструкцию. Изменения, вносимые в конструкцию отдельных деталей низшего уровня, влечёт автоматическое изменение в узлах по иерархии выше. Таким образом, имеется возможность в автоматическом режиме отслеживать влияние вносимых изменений на всю конструкцию целиком. Описанный в общих чертах принцип работы с CAD-системами особую роль играет при оформлении конструкторской документа-

ции на изделие по ЕСКД. Изменения, внесённые в отдельные детали и узлы, автоматически перестраивают соответствующие файлы чертежей, избавляя разработчика от рутинной ручной правки чертежей.

Как правило, в конструкторских отделах предприятий работу над проектом ведёт группа конструкторов. Каждый из участников разработки ведёт свою часть проекта, внося изменения и дополнения в одну общую сборку. Организовать корректную работу нескольких разработчиков над одним проектом позволяет PDM-система. Её основная функция в основном заключается в защите от одновременной работы нескольких разработчиков над одной деталью. Компьютерная сеть конструкторского отдела построена таким образом, что для участников проекта ограничивается доступ к детали, для которой в данный момент открыта рабочая сессия. Деталь можно открыть только «для чтения». Кроме того, PDM-система имеет целый ряд иных преимуществ по сравнению с локальной работой над проектом.

Описанный кратко принцип работы в современных КБ можно без труда смоделировать в рамках нового курса САПР в виде лабораторных либо практических занятий студентов. Освоив современные методы работы с CAD-системами, студент-выпускник сможет начать работу после выпуска с более высокого уровня.

1.2. CAE-системы

Как правило, разработка новой продукции не ограничивается лишь проектированием конструкции и оформлением чертежей. В силу специфики образовательного профиля «Автоматизированные гидравлические и пневматические системы и агрегаты» перед разработчиками часто стоит задача выполнения исследования рабочего процесса проектируемого изделия. Исследование рабочего процесса сводится к численному моделированию течения рабочего тела в пределах проточной части, проектируемой машины (гидротурбины, насоса, гидроаппарата и т.д.). Функциями численного моделирования в этой области обладают такие CAE-системы, как ANSYS, StarCCM, Flow Vision и др. Результатом использования таких систем, как правило, является оптимизированная по определённым критериям проточная часть изделия, которая передаётся в CAD-системы для автоматического обновления конструкторской документации. По последним данным точность расчётов в современных CAE системах достигает 1—2 % по сравнению с реальными испытаниями. Поэтому в большинстве случаев конфигурация проточных частей, подвергавшихся численному анализу, не претерпевает изменений даже после натурных испытаний машины на стенде.

Использование CAE-систем сопряжено с работой в целом ряде дополнительных узкоспециализированных программных продуктов. Каждый из них имеет свою специфику и требует время на освоение. В силу повсеместного применения таких систем на производстве, внедрение в образовательный процесс их изучения представляется необходимым. Кроме того, наглядная визуализация рабочего процесса объекта исследования позволит студентам наиболее глубоко и полно осваивать специальные предметы профиля.

1.3. САМ-системы

Изучение САМ-систем является неотъемлемой частью курса САПР в рамках образовательного профиля «Автоматизированные гидравлические и пневматические системы и агрегаты». Целью данного раздела является изучение технологической проработки деталей и узлов проектируемого изделия. Освоение таких систем может быть полезно специалистам, занимающимся разработкой технологических циклов производства, работающих со станками с ЧПУ. Инженерами-технологами также используется целый ряд программных пакетов (продукты компании Siemens, SprutCAM и др.), позволяющий эффективно и качественно изготавливать продукцию.

Использование в образовательном процессе станков с ЧПУ для практического применения CAE-систем встречает известные трудности, однако развитие современных технологий 3D-прототипирования позволяет отчасти решить эту проблему. Внедрив в образовательный процесс по курсу САПР практические и лабораторные занятия по основам 3D-печати, можно дать студентам начальное представление о том, как осуществляется настройка оборудования, как подбираются режимы изготовления, как пишутся алгоритмы управления процессом и многое другое. Освоив данный раздел курса, студент будет иметь начальное представление о процессе изготовления элементов конструкций с использованием высокотехнологичного оборудования. И, как следствие, будет более осознанно принимать технические решения при проектировании деталей и узлов.

Использование САМ-систем в рамках образовательного профиля «Автоматизированные гидравлические и пневматические системы и агрегаты» способствует развитию практической деятельности студентов. Не нужно объяснять, что такой подход позволяет улучшить понимание теории, развить навыки работы с техникой, позволяет сократить дистанцию между наукой и практикой.

Использование 3D-печати может способствовать развитию следующей специализированной практической деятельности:

- создание трёхмерных моделей рабочих колес и других деталей гидромашин, представляю-

щих особый интерес в проектировании, в рамках бакалаврских и магистерских работ для визуализации и объяснения специфики оборудования;

- создание мастер-моделей деталей гидромашин для дальнейшего рассмотрения и исследования процесса литья с использованием негорячих полимеров и гипса;
- создание экспериментальных образцов для изучения характеристик обтекания на стендах;
- создание деталей гидромашин для натуральных испытаний.

2. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ КУРСА САПР

Практическая реализация предлагаемого курса САПР по профилю «Автоматизированные гидравлические и пневматические системы и агрегаты» нашла своё отражение в работе над кандидатской диссертацией, посвящённой исследованию работы полирядных лопастных систем [3]. Работа нацелена на проведение натурного эксперимента макетного образца полирядного насоса двустороннего действия для объективной оценки его работоспособности и подтверждения принятых гипотез при его проектировании. Насос был смоделирован в CAD-системе (рис. 1).

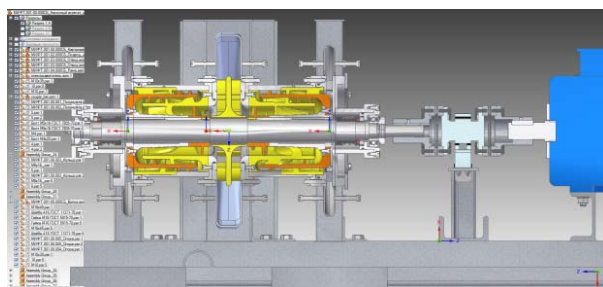


Рис. 1. CAD-модель макета полирядного насоса

Как видно, CAD-модель макета состоит из отдельных деталей, каждая из которых выполнялась отдельно. Каждой детали соответствует файл рабочего чертежа, выполненного в соответствии с требованиями ЕСКД.

После предварительной компоновки и утверждения концепции макета проводилась гидродинамическая оптимизация проточной части насоса с использованием CAE-систем. Результат работы CAE приведен на рис. 2.

По результатам работы CAE-системы были проведены изменения в конструкции макета. После проведённых изменений рабочие чертежи агрегата обновились автоматически.

После утверждения конфигурации проточной части и рабочих чертежей проводилась технологическая проработка деталей макета. Детали наиболее сложной формы (лопастные системы) были адаптированы для условий печати на 3D-принтере с применением высокопрочного АБС-пластика (рис. 3).

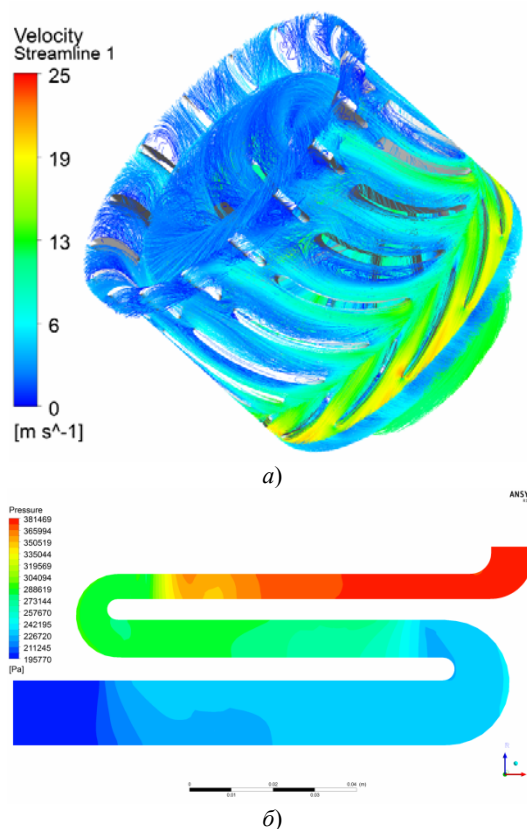


Рис. 2. Гидродинамический анализ, выполненный в САЕ-системе

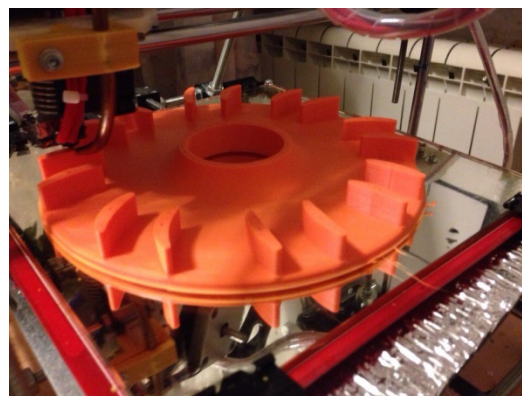


Рис. 3. Процесс выращивания детали на 3D-принтере

Проводилась процедура настройки принтера, выбора режимов печати, подбора материала. Детали простой геометрической формы изготавливались традиционными методами с использованием традиционного оборудования.

3. МЕЖПРЕДМЕТНАЯ СВЯЗЬ

В настоящее время осуществление межпредметных связей — один из основных вопросов современной системы обучения. Задачей преподавателя становится такая организация процесса обучения, при которой в период ознакомления и изучения предмета студенты не только усвоили отдельно взятые темы и весь аспект в целом, но и осмыслили и скорректировали свою позицию в технологических процессах, осознали связь изучаемого предмета с другими дисциплинами учеб-

ного плана. В данном направлении внедрение курса САПР может сыграть значительную роль.

Рассмотрим некоторые конкретные межпредметные связи, возникающие при реализации внедрения элементов САПР в процесс подготовки инженерных кадров по профилю «Автоматизированные гидравлические и пневматические системы и агрегаты»:

- выбор оборудования и программного обеспечения для работы 3D-принтера позволяет освоить многокритериальную оценку технических систем с поиском лучшего решения. Это позволяет осуществить взаимосвязь и практику применения теоретических основ курса «Основы научных исследований и проектирования»;

- создание трёхмерных моделей деталей и узлов гидромашин в САД-системах позволит применить на практике и развить навыки, полученные при изучении дисциплин «Лопастные насосы», «Детали машин и основы конструирования», «Инженерная графика»;

- процесс подбора режима печати, а также выбор наиболее подходящих материалов для деталей различной конфигурации, испытывающих различные нагрузки и работающих в разных средах, позволяет приобрести студентам необходимые навыки по таким дисциплинам, как «Технология конструкционных материалов», «Динамика и прочность машин», а также «Теория эксперимента»;

- значительный материал по изучению методов численного моделирования обозначает прямую связь с дисциплиной «Компьютерные технологии в науке и образовании».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наличие в образовательной программе профиля курса САПР позволит поднять значимость и обоснованность выпускных и квалификационных работ студентов. Новые технологии в разработке новых изделий вызовут неподдельный интерес большего числа учащихся.

Практикуемая практически всеми производителями программных продуктов, реализация бесплатных академических лицензий на ПО сделает процедуру ввода курса в образовательную программу практически незатратной.

Выпускники НИУ «МЭИ» по профилю «Автоматизированные гидравлические и пневматические системы и агрегаты» станут более конкурентоспособными на рынке труда, научная деятельность подразделения поднимется на новый уровень, в учебной деятельности приобретаются новые возможности в реализации принципов общей и профессиональной дидактики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Атанов И.В., Капустин И.В., Никитенко Г.В.** Межпредметные связи в учебном процессе высшего учебного заведения // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6.
2. **Черницова М.А., Безгина Ю.А.** Эффективность нестандартных форм проведения занятий для усвоения учебного материала. Применение современных ресурсосберегающих инновационных технологий в АПК, 2013. С. 264—268.
3. **Купцов С.Ю., Моргунов Г.М.** Изготовление элементов проточной части модели бустерного s-насоса двустороннего действия // Машины и установки: проектирование, разработка и эксплуатация». М.: ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Н.Э. Баумана». 2015. Эл. № ФС 77-61859. ISSN 2412-592X.

A.K. Lyamasov, Ph. D, S.Y. Kuptsov

a-lyamasov@mail.ru, kuptsov_semen@list.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

INTRODUCTION OF AUTOMATED DESIGN SYSTEM ELEMENTS TO «AUTOMATED FLUID AND PNEUMATIC SYSTEMS AND UNITS» SPECIALIZATION TRAINING COURSE

SUMMARY

The report is devoted to introduction of automated design system elements to «Automated fluid and pneumatic systems and units» specialization training student's course. It describes the problems in the way of modern design technologies studying for this specialization engineers and provides solutions to these problems.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ КРАЕВОЙ ДИСЛОКАЦИИ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ МАТЕРИАЛА

АННОТАЦИЯ

Методом молекулярной динамики проведено исследование динамики краевой дислокации в кристаллите никеля, подверженному воздействию ударной послекаскадной волны. Показано, что в результате данного воздействия дислокация смещается по направлению к источнику волны. Причиной данного движения является волна разгрузки, следующая за фронтом ударной волны.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что наличие дислокаций определяет способность материала к пластической деформации, а их динамика лежит в основе многих важных физических свойств. Поэтому изучение на микроуровне воздействия ударных послекаскадных волн на дислокации и их динамику является вполне актуальной задачей, особенно если учитывать, что полного понимания эффекта дальнего действия на сегодняшний момент не существует. В связи с этим целью настоящей работы является изучение динамики краевой дислокации в кристалле, подверженном облучению.

1. УДАРНАЯ ПОСЛЕКАСКАДНАЯ ВОЛНА

В настоящее время одним из наиболее перспективных направлений современной технологии обработки материалов является использование ионных пучков. Физические свойства и структура материалов, подверженных ионно-лучевому воздействию, кардинально отличаются от соответствующих свойств и структуры, получаемых в результате термических или иных традиционных методов обработки. В связи с техническими сложностями и дороговизной процесса получения ионных пучков мощностью от нескольких десятков до несколько сотен МэВ в имплантационной металлургии при модификации свойств конструкционных материалов используются установки, позволяющие получать пучки ионов низких и средних энергий. Но для данных диапазонов энергий пробеги ускоренных ионов не превышают несколько сотен нанометров, что не достаточно для технологического применения. Данная проблема отчасти решается благодаря наличию определённых эффектов, которые в некоторых случаях многократно увеличивает глубину воздействия падающих ионов на материал. Например, радиационно-стимулированные, термостимулированные, а также эффекты, возникающие в результате формирования в поверхно-

стом слое облучённого при высокодозной имплантации материала полей напряжений, приводят к увеличению глубины воздействия до нескольких десятков микрометров. Кроме этого, радиационно-динамические эффекты [1] могут инициировать структурно-фазовые превращения на миллиметровых глубинах при малых дозах облучения. Так, в работе [2] установлено, что изменение дислокационной и зеренной структуры алюминий-литиевого сплава в процессе облучения наблюдается по всему объёму образца толщиной 1 мм. Эффект дальнего действия, наблюдающийся в данном случае, авторы объясняют радиационно-динамическим воздействием ударных послекаскадных волн, возникновение которых обусловлено различием между временем термализации атомных колебаний в некоторой конечной области и временем отвода из нее тепла. В результате резкого расширения такой сильно разогретой области и формируется почти сферическая ударная волна.

2. КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ

Исследование проводилось методом молекулярной динамики с помощью пакета МД-моделирования XMD [3]. В качестве потенциальной функции межатомного взаимодействия использовался потенциал Джонсона, рассчитанный в рамках метода погружённого атома.

Особенностями ударной послекаскадной волны, отличающей её от волн, получаемых другими методами, является большая амплитуда атомных смещений, а также малая ширина фронта, соизмеримая с параметром решётки кристалла [4]. Поэтому для создания волны группе атомов в приграничной области расчётного блока присваивалась скорость, превышающая скорость звуковых волн, вдоль кристаллографического направления $\langle 110 \rangle$. Плотнупакованное направление было выбрано потому, что из-за наличия механизмов фокусировки энергии сферическая волна трансформируется во фрагменты плоских волн, распространяющихся именно вдоль плотноупакованных направлений. В результате последующих эстафетных атомных смещений формируется бегущая волна, ширина фронта которой не превышает нескольких межатомных расстояний, а амплитуда смещений атомов значительно превышает, например, амплитуду тепловых колебаний.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЬЮТЕРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Рассмотрим расчётный блок, содержащий краевую дислокацию с вектором Бюргера $a/2\langle 110 \rangle$ и плоскостью скольжения $\{111\}$. В ГЦК решётке такая дислокация расщепляется на две энергетические более выгодные частичные дислокации. Для структурного анализа кристаллической матрицы и выявления образующегося в данном случае дефекта упаковки можно использовать методы, основанные на расчётах ближайшего окружения атома, в частности, метод параметра локальной центральной симметрии CS, характеризующего степень симметрии локального окружения каждого атома [5]. Проведённое исследование показало, что при генерации в расчётном блоке ударных волн наблюдается смещение расщеплённой дислокации по направлению к источнику волн (рис. 1).

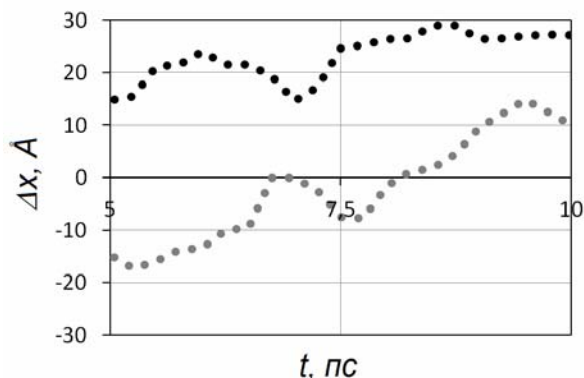


Рис. 1. Изменение координат ядер частичных дислокаций относительно первоначального расположения краевой дислокации в расчётном блоке, при генерации двух ударных волн. Температура расчётного блока 600 К

Положение ядер показано начиная с 5 пс компьютерного эксперимента, так как именно в этот момент в расчётном блоке генерируется ударная волна (скорость, присваиваемая граничным атомом, в 1,5 раза превышает скорость звуковых волн).

Известно, что движение дислокации определяется девиаторной компонентой тензора напряжений. Расчёт напряжений при прохождении

ударной волны и волны разгрузки показал следующее. Нормальное напряжение σ_x достигает максимума при прохождении через расчётную область фронта ударной волны, а касательное напряжение τ_x — при прохождении волны разгрузки. Релаксация касательных напряжений происходит в результате перемещения дислокации. Расчётное значение напряжения Пайерлса—Набарро для никеля в зависимости от значений подставляемых параметров лежит в пределах 0,66—3,72 МПа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённое исследование показало, что изменение дислокационной структуры облучённого материала обусловлено не столько ударными послекаскадными волнами, сколько следующими за ними волнами разгрузки. Смещение дислокаций в кристалле приводит к изменению полей напряжений, что должно оказывать влияние на диффузию атомов и, как следствие, может служить причиной радиационно-стимулированной диффузии.

Представленные положения могут найти применение при изучении проблем радиационного материаловедения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Овчинников В.В.** Радиационно-динамические эффекты. Возможности формирования уникальных структурных состояний и свойств конденсированных сред // Успехи физических наук. 2008. Т. 178. № 9. С. 991—1001.
2. **Иницируемые** импульсными мощными ионными пучками изменения микроструктуры холоднотемпературного алюминий-литиевого сплава 1441 / В.В. Овчинников, Г.Е. Ремнев, В.И. Гусельников и др. // Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. 2010. № 2. С. 32—38.
3. **XMD – Molecular Dynamics for Metals and Ceramics** // [Electronic resource]. Mode of Access: <http://xmd.sourceforge.net/about.html>.
4. **Zhukov V.P., Boldin A.A.** Elastic-wave generation in the evolution of displacement peaks // Atomic Energy. 1987. V. 68. P. 884—889.
5. **Kelchner C.L., Plimpton S.J., Hamilton J.C.** Dislocation nucleation and defects structure during surface indentation // Physical Review B. 1998. V. 58. 11085.

A.V. Markidonov

markidonov_artem@mail.ru

Kuzbass State Technical University named T.F. Gorbachev, branch of KuzSTU in Novokuznetsk

COMPUTER SIMULATION OF THE DYNAMICS OF AN EDGE DISLOCATION IN IRRADIATED MATERIAL

SUMMARY

Study of the dynamics of an edge dislocation in nickel crystals exposed to a post-cascade shock wave of, conducted by the method of molecular dynamics. It is shown that as a result of the impact of the dislocation moves towards the source of the wave. The reason for this movement is the discharge wave following the shock front.

РАЗРАБОТКА ОДНОВАЛЬНОЙ ПГУ НА БАЗЕ ГТУ SGT5-8000H ФИРМЫ СИМЕНС

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён рассмотрению трёхконтурных ПГУ, введённых в России. Рассмотрены проблемы и перспективы отечественного энергомашиностроения по созданию перспективного мощного ПГУ блока в России.

Выполнен комплекс расчётных исследований и анализов в обоснование профиля котла-утилизатора, паровой турбины и элементов тепловой пусковой схемы одновального конденсационного моноблока ПГУ-570 с ГТУ SGT5 8000H.

ВВЕДЕНИЕ

Строительство мощных парогазовых установок (ПГУ) на базе высокотемпературных газотурбинных установок (ГТУ), использующих в качестве топлива природный газ, стало преобладающей тенденцией в наращивании энергетических мощностей в мире и в нашей стране. В первую очередь это связано с такими факторами, как относительно малая стоимость природного газа и ГТУ, высокие экологическая чистота и экономичность, короткое время возведения электростанции.

Из различных типов ПГУ наиболее широкое применение как на электростанциях конденсационного типа, так и на теплофикационных и промышленных ТЭЦ нашли утилизационные парогазовые установки, т.е. установки, где выхлопные газы ГТУ поступают в теплообменник противоточного типа, в котором за счёт их тепловой энергии генерируется перегретый пар, направляемый в паровую турбину. Дополнительное топливо в КУ не сжигается. Эти ПГУ — единственные в мире на данный момент времени энергетические установки, которые при работе в конденсационном режиме работы отпускают потребителю электроэнергию с КПД 58—61 %.

Наибольшую выгоду сулит использование трёхконтурных парогазовых установок с промежуточным перегревом пара.

Сегодня в мире в коммерческой эксплуатации находятся сотни ПГУ мощностью 400—420 МВт с КПД 57—58 %. Столь высокие показатели удалось получить благодаря созданию надёжных ГТУ мощностью 260—280 МВт с КПД 37—38 %.

В процессе разработки было решено остановиться на горизонтальном типе компоновки котла-утилизатора. Была принята одновальная компоновка паровой и газовой турбины с расцепной муфтой. Паровая турбина может состоять из совмещённого цилиндра высокого и среднего давления (ЦВСД) и цилиндра низкого давления

(ЦНД), или из цилиндра высокого давления и объединённого цилиндра среднего/низкого давления. В качестве основной принята компоновка с ЦВСД за исключением специально оговорённых случаев.

Разработаны технические требования к важнейшему вспомогательному оборудованию ПГУ, в частности пусковым узлам прямооточных контуров котла-утилизатора. В заключение дано обоснование возможности создания ПГУ мощностью 570 МВт с отечественным оборудованием паросилового контура.

Было принято, что ПГУ должна быть построена на базе уже освоенной за рубежом газотурбинной установки SGT5-8000H, производство которой планируется в будущем на территории России, и паросилового оборудования с оптимальными докритическими параметрами пара.

1. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Начиная с 60-х годов XX века интенсивное развитие газотурбинных и парогазовых технологий в СССР практически прекратилось. Было признано целесообразным развивать генерацию в электроэнергетике путём масштабного строительства мощных конденсационных и теплофикационных блоков сверхкритических параметров пара, а также значительного увеличения доли атомной энергетики за счёт ввода мощных блоков с реакторами РБМК и ВВЭР.

Наряду с определёнными положительными последствиями такого решения специалисты отмечают и целый ряд недостатков — снижение маневренных возможностей ЕЭС, нарастающая физическая изношенность оборудования большинства ТЭС и др. К числу последствий этого решения относится и явное отставание СССР в развитии газотурбинных и парогазовых технологий, особенно ярко проявившееся в 80-е годы и продолжающееся и в наши дни.

Среди других причин технического отставания отечественных ГТУ и ПГУ выделяют относительную «закрытость» авиационной промышленности, затруднявшую обмен технологиями с энергомашиностроителями, невозможность самостоятельного развития технологии «снизу» из-за централизации советской экономики, а также экономический кризис 80-х годов прошлого века.

Важнейшим импульсом к развитию ПГУ и ГТУ в других странах мира послужил глобаль-

ный энергетический кризис 70-х годов. В условиях резкого возросших цен на энергоносители парогазовая технология стала востребованной на мировом рынке, что побудило энергомашиностроительные компании к значительным вложениям в этой области.

В течение 90-х годов XX века развитие ГТУ и ПГУ в мире пережило настоящий бум.

Установленная мощность электростанций РФ генерирующих компаний составляет приблизительно 230 ГВт, из которых 156,4 ГВт приходится на ТЭС. Чуть менее 21 % установленной мощности обеспечиваются мощными конденсационными энергоблоками ГРЭС оптовых генерирующих компаний.

Высокая степень износа основных фондов предприятий электроэнергетики (около 60 % к 2006 г.), сложившаяся возрастная структура турбинного оборудования ТЭС России (8,7 % мощностей введено до 1960 г., 23 % — в течение 1961—1970 гг. и 31,4 % — в течение 1971—1980 гг.) обуславливают необходимость скорейшей замены и/или реконструкции существующих генерирующих мощностей.

В соответствии с концепцией технической политики в электроэнергетике, все существующие паросиловые ТЭС на природном газе подлежат замене или реконструкции с переводом их на парогазовые и газотурбинные технологии.

Опыт модернизации энергообъектов в России и за рубежом показывает, что строительство новых энергоблоков на промышленных площадках действующих ТЭС значительно уменьшает стоимость ввода киловатта установленной мощности [1].

Все вышесказанное говорит нам о предпосылках создания перспективных блоков ПГУ большой мощности с высокими экономическими показателями оборудования преимущественно отечественного производства, (конкурентного с аналогами зарубежных ПГУ, способного заменить и обновить всю энергетику страны).

Главной задачей по созданию блока ПГУ большой мощности является оценка научного и производственного потенциала страны, заимствования и разработка новых технологий для выполнения блока с высокими экономическими показателями и др.

2. ВВОД ТРЁХКОНТУРНЫХ ПГУ С ПЕРЕГРЕВОМ ПАРА В РОССИИ

Строительство ПГУ в России началось с вводом в эксплуатацию первого энергоблока ПГУ-450Т с ГТУ V94.2 фирмы Siemens на Северо-Западной ТЭЦ Санкт-Петербурга в 2000 г. Затем были введены первые энергоблоки Калининской ТЭЦ-2 (2005 г.) и ТЭС «Ивановские ПГУ» (2007 г.).

Масштабная модернизация теплоэнергетики России с переходом на парогазовые технологии

началась с разработки в 2005 г. в РАО «ЕЭС России» комплексного плана и последующего реформирования электроэнергетики. В настоящее время в эксплуатацию введены парогазовые энергоблоки на Северо-Западной ТЭЦ (второй блок ПГУ-450Т), Калининградской ТЭЦ-2 (второй блок ПГУ-450Т), ТЭЦ-27 (две ПГУ-450Т), ТЭЦ-21 (ПГУ-450Т), ТЭЦ-26 (ПГУ-420Т) ОАО «Мосэнерго», Шатурской ГРЭС (ПГУ-420), Тюменской ТЭЦ (ПГУ-230), Яйвинской ГРЭС (ПГУ-420), Южной ТЭЦ-22 Санкт-Петербурга (ПГУ-450Т), Среднеуральской ГРЭС (ПГУ-400), Невинномысской ГРЭС (ПГУ-400), Краснодарской ГРЭС (ПГУ-400), Няганской ГРЭС (ПГУ-400) и ряд других ПГУ меньшей мощности [2].

3. КОНЦЕПЦИЯ ПАРОВЫХ ТУРБИН НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ

Современные ПГУ не только являются наиболее экономичными двигателями для крупной энергетики (их электрический КПД в настоящее время достигает 60 %), но и имеют самые низкие удельные капитальные затраты.

При выбранной ГТУ основными параметрами, от которых зависит КПД энергоблока, являются p_0 , t_0 , $t_{п.п}$ и p_k . В рассматриваемом докладе начальные параметры пара имеют значение, близкие к ССКП, а именно: начальное давление 17 МПа и начальная температура пара 610 °С. Исходя из выше предложенных значений в докладе будет рассмотрена концепция турбины на суперсверхкритические параметры пара.

Современные энергоблоки ССКП проектируются для максимальной температуры свежего пара и пара промперегрева 600...620 °С, что определяется применением в качестве материала для высокотемпературных элементов котлов и турбин среднелегированных углеродистых сталей с основным легирующим элементов (хромом) в количестве 9...12 % и добавок многих других легирующих элементов (молибдена, ниобия, вольфрама, ванадия, бора, кобальта и др.) в малых количествах.

Важнейшими характеристиками энергоблоков ССКП рассматриваемого поколения являются экономичность и стоимость установленного киловатта мощности. Доля удельной стоимости, приходящаяся на турбину, сравнительно невелика и, по-видимому, находится на уровне 15...20 %. Тем не менее, следует стремиться к снижению стоимости турбины, и в решении этой задачи основным фактором является выбор оптимальной конструкции турбины. Кроме снижения стоимости изготовления турбины оптимальная конструкция должна отвечать таким требованиям, как высокая надёжность, большой межремонтный период, хорошая ремонтпригодность (малые затраты на ремонт), приемлемая маневренность [3].

На основании анализа и обобщения отечественного и зарубежного опыта проектирования для энергоблоков мощностью 500...700 МВт можно сформулировать главные положения (концепцию):

- использование совмещённого цилиндра высокого и среднего давления (ЦВСД) с охлаждением ротора в зоне первой ступени части среднего давления (ЧСД);
- все роторы, включая ротор низкого давления (РНД), — цельнокованые;

- опоры роторов ЦНД должны выполняться выносными (не встроенными в выходные патрубки);
- система тепловых расширений должна предусматривать жёсткое закрепление опор валопровода на фундаментных рамах и свободное (без шпонок) скольжение лап цилиндров по корпусам опор;
- следует использовать один двухпоточный ЦНД с последней лопаткой из титанового сплава с надлежащей выходной площадью.

Схематичный чертеж турбины, отвечающей приведённой концепции, изображен на рис. 1.

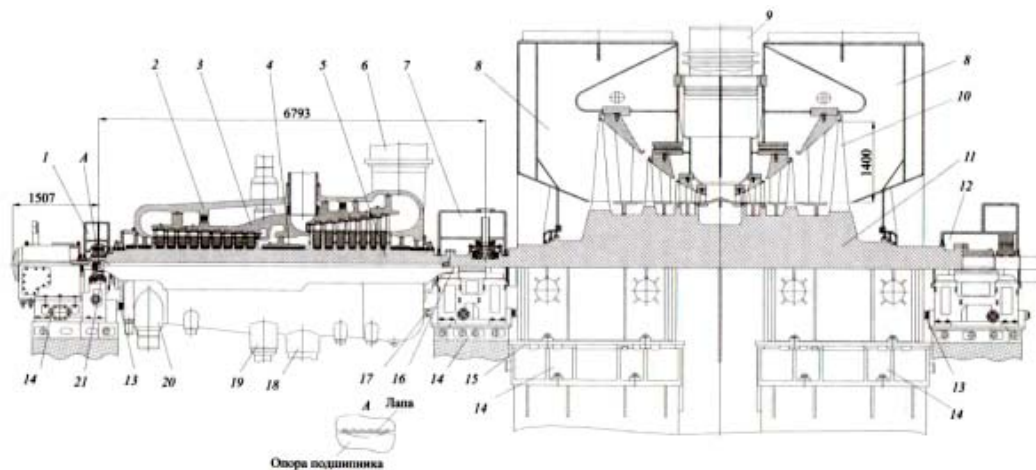


Рис. 1. Продольный разрез паровой турбины К-660-30

4. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основная задача исследования заключается в оценке возможности создания данного блока на территории РФ с использованием отечественного оборудования и выполнение сформулированных основных требований к такому блоку. Другие задачи исследования — выполнение блока с высокими экономическими показателями (КПД ПГУ должен находиться в пределах 60 %) и разработка пусковой схемы, различных программ и графиков по пуску данного блока.

На долю ТЭС приходится 68 % (156,4 ГВт) установленной мощности в электроэнергетике России. Их средний КПД составляет около 37 %. Без малого 90 ГВт мощностей (преимущественно паротурбинных) работают на природном газе, в то время как в развитых странах природный газ уже используется исключительно на парогазовых электростанциях, наиболее эффективная из которых продемонстрировала КПД 60,7 %.

Принятые на правительственном уровне документы в части парогазовых технологий предусматривают создание унифицированных блоков ПГУ с КПД 60—62 % на основе ГТУ единичной мощностью 350—400 МВт. Реалии текущего состояния российского машиностроения таковы, что энергетика не может рассчитывать на получение в обозримом будущем отечественной ГТУ большой мощности. Однако имеющийся потенциал вполне позволяет разработать и серийно

производить ПГУ с российской паровой и электрической частью с использованием ГТУ иностранного производства.

Диспетчерские требования к высокой маневренности ПГУ и появление новых ГТУ большой мощности, способных удовлетворить эти требования, создают предпосылки для создания принципиально нового оборудования паровой части цикла ПГУ, которое наряду с высокой экономичностью сможет работать в широком диапазоне нагрузок и пускаться быстрее, чем ныне эксплуатируемые ПГУ.

С учётом этих потребностей в ВТИ разработана концепция блока ПГУ мощностью 600 МВт на базе газотурбинной установки SGT5-8000H фирмы Siemens как в наибольшей степени освоенной (ГТУ эксплуатируется с 2011 г.) и перспективной для локализации производства в нашей стране.

5. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОДНОВАЛЬНОЙ ПГУ

Энергетический блок ПГУ-570 является парогазовой установкой с тремя контурами генерации пара, предназначенной для производства электроэнергии. Топливом для ГТУ служит природный газ.

В состав ПГУ-570 входят:

- одна газотурбинная установка (ГТУ) SGT5-8000H фирмы «Siemens»;

- котел-утилизатор (КУ) с тремя контурами генерации пара и промперегревом, контуры среднего и высокого давления генерируют пар по прямоточному принципу и не имеют барабана-сепаратора; в работе рассмотрена горизонтальная конструкции такого котла-утилизатора;

- одна паротурбинная установка (ПГУ) конденсационного типа.

Выбранная газотурбинная установка SGT5-8000H серийно производится и поставляется фирмой «Siemens», обладает конкретными техническими характеристиками, которые в наибольшей степени соответствуют современным требованиям СО ЕЭС РФ к подобному оборудованию. Поэтому ниже представлены технические требования к основному и важнейшему вспомогательному отечественному оборудованию паровой части цикла ПГУ.

Настоящие технические требования разработаны для конденсационных ПГУ мощностью 500 МВт и выше, включающих в себя одну или две газотурбинные установки, котлы-утилизаторы, паротурбинную установку и общецелочное оборудование, объединённые в единую технологическую схему и ориентированные на применение в сегменте большой распределённой энергетики для обеспечения снабжения потребителей и регулирования графика нагрузки энергосистемы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполнен расчёт и анализ тепловой схемы трёхконтурной ПГУ с промежуточным перегревом пара в математической среде «Thermoflow». Так как данный математический пакет выполняется с помощью ИТ и выдаёт достаточно точные результаты, мы можем констатировать тот факт, что для создания ПГУ большой мощности необходимо исследовать и применять ИТ в инженерных расчётах и проектировании. Был проведен расчёт проточной части паровой турбины с реактивным облопачиванием с определением количества ступеней частей высокого, среднего и низкого давления. Выполнен расчёт последней ступени ЦНД паровой турбины для обоснования длины рабочей лопатки последней ступени.

Выполнен комплекс расчётных исследований и анализ в обоснование профиля котла-утилизатора, паровой турбины и элементов тепловой пусковой схемы однофазного конденсационно-

го моноблока ПГУ 570 с газовой турбиной типа SGT5 8000H.

Повышение маневренности обеспечит отсутствие барабанов высокого давления, а упрощение эксплуатации — появление дополнительного регулируемого параметра в прямоточном контуре (расход питательной воды), позволяющего поддерживать требуемую температуру перегрева пара без использования пароохладителей и контролировать недогрев воды на выходе из экономайзеров без установки регулируемых байпасов.

Разработаны принципиальные технические решения и анализ элементов пароводяного тракта котлов-утилизаторов прямоточного типа для ПГУ мощностью 570 МВт.

Особенностями тепловой пусковой схемы блока ПГУ-570 являются:

- применение интегрированного в барабан низкого давления деаэрата и двухбайпасной схемы обвода паровой турбины;

- установка встроенных сепараторов за испарителями ВД и СД, расположенными на верхней отметке КУ, и общего растопочного сепаратора с безарматурным отводом пара и регулирующим клапаном на отводе воды в конденсатор, обеспечивающих требуемые сбросы при всех пускоостановочных режимах.

В результате расчётов тепловой схемы, выполненной на математической модели блока с использованием программного комплекса «Thermoflow», подтверждены высокие экономические показатели ПГУ (при нормальных условиях):

- мощность ПГУ брутто — 568,7 МВт;
- КПД ПГУ брутто — 60,26 %.

Представленный материал обосновывает возможность создания блока ПГУ мощностью около 570 МВт с КПД выше 60 % на базе зарубежной газотурбинной установки SGT5-8000H и паросилового оборудования с прямоточной генерацией пара отечественной разработки и производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Повышение** эффективности работы энергосистем // Труды ИГЭУ, 2009.
2. **Трухний А.Д.** Парогазовые установки электростанций: учебное пособие для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2013.
3. **Костюк А.Г., Грибин В.Г., Трухний А.Д.** Концепция паровых турбин нового поколения для угольной энергетики России // Теплоэнергетика. № 12. 2010.

I.V. Molchanov

lokostolb@mail.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

DEVELOPMENT OF SINGLE-SHAFT COMBINED CYCLE PLANT BASED ON SIEMENS GAS TURBINE PLANT SGT5-8000H

SUMMARY

The report is devoted to the three-loop CCP introduced in Russia. The problems and prospects of domestic power promising to create a powerful CCP unit in Russia.

A complex calculation of research and analysis in support of the profile of the recovery boiler, steam turbine and heat elements of the starting circuit single-shaft condensing monoblock CCP-570 gas turbines SGT5 8000H.

Е.А. Муравьёва, Ф.Ф. Маннанов, М.И. Шарипов, Г.А. Каяшева

muraveva_ea@mail.ru; filus_kiauk@mail.ru; sharipovm@mail.ru; gkaysheva@mail.ru
ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет» (УГНТУ),
филиал в г. Стерлитамаке, Российская Федерация

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ИНФРАКРАСНЫМИ ОБОГРЕВАТЕЛЯМИ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА

АННОТАЦИЯ

На сегодняшний день отопление производственных помещений (цехов) является непростой и одновременно дорогостоящей задачей. Площадь здания исчисляется тысячами, десятками тысяч квадратных метров пола под одной крышей. Но самой главной проблемой является то, что высота производственных помещений составляет от 6 до 24 м. И это при высоте рабочей зоны всего в 2 м, которую и надо обогревать.

Разработанный проект посвящён созданию автоматизированной системы управления отоплением цехов с высокими потолками на ОАО «Красный пролетарий» с использованием инфракрасных обогревателей.

Последние способны быстро обогреть помещение. Алгоритм работает в автоматическом режиме, также в SCADA-системе предусмотрен полуавтоматический режим, в котором оператор может регулировать температуру в помещении с автоматизированного рабочего места (АРМ). С АРМ возможно регулировать температуру по секторам цеха, задавая в них разные температуры, или вообще отключать обогреватели в определённых секторах. Наиболее приемлемым по техническим характеристикам и цене является инфракрасный обогреватель БиЛюкс П4000.

ВВЕДЕНИЕ

Задача отопления производственных помещений (цехов) всегда считалась непростой. В некоторых предприятиях внутри одного производственного помещения необходимо создать несколько рабочих зон с разными температурами. И каждое производство связано с жёстким соблюдением необходимых требований по промышленной санитарии, взрыво- и пожароопасности. Площади зданий также большие — от нескольких сотен до десятков тысяч квадратных метров. Вся эта площадь заставлена оборудованием, транспортными, электросиловыми, технологическими и прочими коммуникациями. Но главная сложность — это высота производственных помещений. Она составляет от 6 до 30 м при высоте рабочей зоны всего в 2 м, в которой и нужно поддерживать комфортную для персонала температуру.

Обогрев даже относительно небольшого производственного помещения с помощью водяной или паровой системы отопления очень затруднителен. Линии распределительных трубопроводов упрутся в части технологического оборудования, перекроют проходы, пересекутся с силовыми сетями и сетями управления, расположенными ниже отметки пола. Достижение гидравлической

устойчивости при этих системах является весьма непростой задачей — слишком дорого и сложно.

И только система воздушного отопления до недавнего времени позволяла отапливать производственные помещения относительно равномерно и эффективно. Воздух из отапливаемого помещения подается вентилятором на водяной или паровой калорифер и по воздуховодам направляется в рабочую зону. В рабочей зоне прогретый воздух распределяется в виде направленных струй через распределительные головки. Это позволяет достаточно равномерно распределить тепло на больших площадях цеха. Также систему воздушного отопления можно совместить с системой вентиляции помещения.

Однако недостатков у таких систем очень много. И к главным таким недостаткам следует отнести теплофизические свойства воздуха как теплоносителя. У воздуха очень низкая теплоёмкость (по сравнению с водой меньше в 4 раза). Это значит, что для отопления больших площадей необходимо перемещать огромные массы воздуха. Вентиляционные камеры и воздуховоды занимают до 7 % полезного объёма помещения, которые можно было бы использовать для производственных нужд. Для работы вентиляторов затрачивается немалое количество электроэнергии, а это дополнительные энергозатраты. Эти затраты даже в расчётном режиме работы не меньше затрат на тепловую энергию, потребляемую системами воздушного отопления, а при температуре наружного воздуха выше расчётной превосходят их.

Рабочая обитаемая зона производственных зданий занимает всего 20—30 % их общего объёма. Именно эти 20—30 % объёма здания и необходимо обогревать для комфортной работы персонала. Нагрев 70—80 % воздуха, находящегося над рабочей зоной, можно отнести к убыткам предприятия. Но удержать тёплый воздух по законам физики внизу невозможно. Он всегда будет стремиться вверх, под крышу здания. Поэтому рост температуры воздуха от пола к потолку в производственных зданиях составляет 2,5 °С на метр высоты, если применяется воздушная система отопления. При расчёте получается, что в здании высотой 14 м при средней температуре в рабочей зоне 15 °С воздух под крышей оказывается нагретым до 45 °С. Такой перегрев внутреннего воздуха зданий приводит к резкому росту

тепловых потерь через верхние перекрытия, стены, световые проёмы и фонари.

У воздушной системы отопления есть и другие минусы.

Распределение приточного воздуха в рабочей зоне происходит при достаточно высокой скорости воздуха. От этого создаются сквозняки, которые негативно сказываются на самочувствии персонала.

Также перечисленные выше системы отопления не обладают управляемостью. При работе предприятия в одну смену за отопительный период, составляющий для нашего региона в среднем около 5000 ч, собственно рабочими являются не более 1100 ч или 23 % календарного времени. Все остальные 3900 ч предприятия вынуждены отапливать цеха, в которых никто не работает.

Себестоимость продукции из-за огромных энергозатрат на отопление сильно дорожает и делает эту продукцию неконкурентоспособной на рынке. Перевод отопления в дежурный режим сложен и малоэффективен, так как всегда есть угроза размораживания системы в случае резкого понижения температуры наружного воздуха. Ведь в центральной полосе России амплитуда колебаний суточной температуры составляет 10—20 °С.

С недавних пор появилась возможность решить упомянутые выше проблемы отопления производственных помещений с высокими потолками — это переход на отопление цехов с помощью инфракрасных обогревателей. Главной отличительной особенностью электрического инфракрасного отопления является обогрев помещения с помощью потока инфракрасной энергии теплового спектра. Поток этой энергии, направляемый расположенными непосредственно над обогреваемой зоной лучистыми обогревателями, не нагревая окружающий воздух, нагревает поверхность пола, установленного в обслуживаемой зоне оборудования, и находящихся в этой зоне людей. Пол и оборудование, нагреваясь, посредством конвекции отдают накопленное тепло окружающему воздуху. Комфортное состояние находящихся в обогреваемой зоне людей поддерживается не только за счёт температуры окружающего воздуха, как при традиционных системах отопления, но еще и отражённой на них со стороны обогревателей, нагретого пола и оборудования лучистой энергии. Это принципиальное отличие систем электрического инфракрасного отопления от традиционных систем отопления позволяет достигать наиболее комфортных условий труда работников.

1. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ИНФРАКРАСНЫХ ОБОГРЕВАТЕЛЕЙ

Принцип действия инфракрасных обогревателей схож с работой солнца: они создают тепло-

вые лучи, поглощаемые встречающимися на их пути предметами, поверхностями стен, которые прогревшись отдают это тепло окружающему воздуху. Получается такой же тепловой эффект как при обогревании солнечной энергией.

2. ПРЕИМУЩЕСТВА ИНФРАКРАСНЫХ ОБОГРЕВАТЕЛЕЙ

Основным преимуществом инфракрасных обогревателей является возможность не рассеивать тепло по всему объёму помещения, а нагревать необходимый объект путём направления излучения в нужную сторону. При этом тепловое излучение, так же как и обычный свет, не поглощается воздухом, поэтому вся энергия от прибора без потерь достигает обогреваемых поверхностей и людей в зоне его действия. За счёт того, что такой обогреватель греет, в первую очередь, предметы и поверхности, встречающиеся на пути тепловых лучей, человек чувствует себя комфортно даже при более низкой по сравнению с нормативной температурой воздуха.

Коэффициент полезного действия инфракрасных обогревателей гораздо выше традиционных систем отопления, так как инфракрасные обогреватели осуществляют прямой нагрев без использования промежуточного материального теплоносителя.

При этом скорость обеспечения тепла намного выше, чем у других обогревателей — передача тепла начинается уже через 27 с после включения прибора. Ещё одним преимуществом инфракрасных обогревателей является тот факт, что они практически не потребляют кислород по причине низкой температуры ламп ИК-излучения. А поскольку такие модели слабо нагревают воздух в помещении, снижение влажности в процессе их работы незначительно по сравнению с другими системами отопления. Также они практически бесшумны.

Благодаря зональному или точечному обогреву, который возможен при инфракрасном отоплении, в разных частях помещения могут поддерживаться режимы с разной температурой, обеспечивая на каждом участке необходимую температуру.

Работа инфракрасных приборов не вызывает циркуляции воздуха в помещении, поэтому сквозняки отсутствуют. Более того, ветер и сквозняки не влияют на обогрев, поэтому их можно использовать даже на улице, на рабочих местах, где необходима серьезная вентиляция. С экологической точки зрения системы инфракрасного обогрева являются наиболее благоприятными для окружающей среды и обеспечивают экологически чистый и экономичный обогрев.

По сравнению с другими системами отопления инфракрасные обогреватели просты в монтаже и обслуживании.

ИК-обогреватели не вызывают неприятных и вредных запахов, головной боли, а вероятность отравления или воспламенения при их использовании ничтожно мала.

Основной недостаток ИК-обогревателя заключается в длительном прогреве большого по площади помещения. Второй недостаток – интенсивное световое излучение, что может доставить некоторое неудобство при использовании обогревателей ночью.

Итак, инфракрасные обогреватели – это:

- эффективный обогрев без нанесения вреда здоровью;
- КПД намного выше, чем у других обогревающих систем;
- не сжигает кислород и частицы пыли в воздухе, не создает запах и не вызывает головную боль, предохраняет от появления сырости;
- относительно небольшие расходы на монтаж и эксплуатацию;
- мобильность при установке: возможность устанавливать на стене, потолке или на алюминиевой телескопической стойке;
- передает тепло уже через 27 с;
- в первую очередь обогревает человека и предметы, при этом обогрев происходит глубоко и равномерно;
- не зависит от ветра и сквозняков;
- возможность направлять тепло и регулировать температуру;
- безопасны с точки зрения экологии, а также возгорания и отравления угарным газом;
- обеспечивает здоровье и бодрость.

3. ВЫБОР ИНФРАКРАСНОГО ОБОГРЕВАТЕЛЯ

Для данного проекта было решено использовать электрические инфракрасные обогреватели.

На российском рынке электрических инфракрасных обогревателей аналогичной мощности наибольшей популярностью пользуются следующие модели:

- БиЛюкс П4000 — 7290 руб.;
- Ballu ВИН-АР-4.0 — 7490 руб.;
- ПИОН Термо Гласс ПН-40 — 10500 руб.;
- ИкоЛайн ИКО-40 — 8190 руб.

У всех этих обогревателей характеристики примерно одинаковые, однако, судя по многочисленным отзывам покупателей, инфракрасные обогреватели марки БиЛюкс П4000 обладают наибольшей надёжностью и наименьшей стоимостью. Поэтому для проекта выбран был именно этот обогреватель.

4. КОЛИЧЕСТВО ОБОГРЕВАТЕЛЕЙ И МЕСТА ИХ РАСПОЛОЖЕНИЯ

Площадь механического цеха равна 6289,14 м². Инфракрасные обогреватели целесообразно использовать только для производствен-

ных площадей с высокими потолками. Площадь этого участка механического цеха равна 5076 м². Каждый обогреватель БиЛюкс П4000 рассчитан на обогрев 40 м² площади. Количество необходимых обогревателей: $5076/40 = 126,9 \approx 127$ обогревателей. Для большей надежности и безопасности использования обогревателей решено поставить 1 обогреватель на 36 м². Отсюда получается, что $5076/36 = 141$, кроме того, учитывая особенность некоторых помещений, количество обогревателей возросло до 150 шт. Установка их проводится путем подвешивания с потолка на высоте 5 м.

Для разработки системы управления в проекте выбран контроллер КР-500. Функциональные устройства контроллера конструктивно оформлены в виде модулей и блоков, оснащенных необходимым количеством разъемов и клемм для объединения в систему и подключения внешних устройств.

Программное обеспечение проекта автоматизированной системы разработано на базе интегрированной системы проектирования и управления и Trace Mode 6.

В программе имеется главный экран, предоставляющий пользователю всю необходимую информацию для наблюдения изменения параметров технологического процесса и необходимые инструменты для управления им (рис. 1).

На мнемосхеме отображены 39 параметров температуры, регулирование осуществляется программируемым логическим контроллером КР-500 путём включения и отключения обогревателей. Предусмотрено два типа управления: «автоматическое» и «дистанционное». Переключение режима осуществляется нажатием на кнопку «Автоматический режим», после чего происходит переход в дистанционный режим. Название режима отображается на той же кнопке. Кроме того, при переводе в дистанционный режим происходит появление кнопки «ВКЛ», которая позволяет включать и отключать обогреватель.

Для возможности автоматической работы системы в зависимости от определенного периода во времени разработана имитационная система отображения смоделированного времени. В зависимости от этого времени возможно изменение температуры в диапазоне с 07.00 до 17.00 и с 17.00 до 07.00 по умолчанию, на экране есть возможность изменения данных диапазонов и задания температуры в каждом диапазоне. Для изменения временных диапазонов и температуры в них требуется нажать на кнопку «Задать работу» и ввести требуемые параметры.

Для удобства оператора для каждого регулируемого параметра сделано графическое оформление. Автоматический режим:

- отображение режима на кнопке:

Автоматический режим ;

Система автоматического контроля и регулирования температуры в цехе

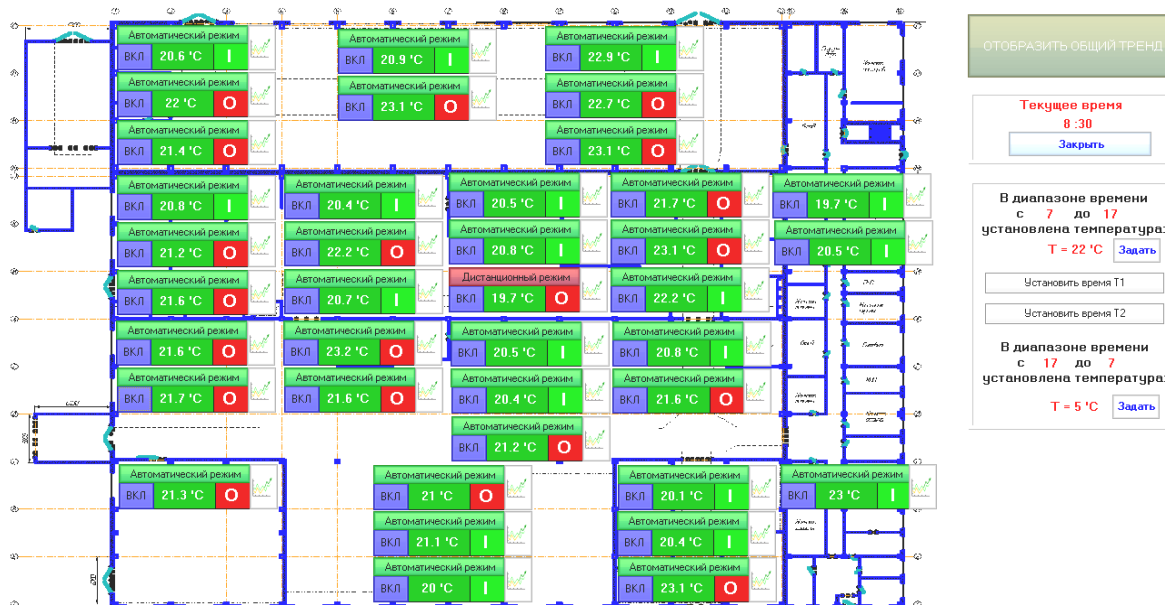


Рис. 1. Мнемосхема главного экрана в среде Trace Mode 6

- при понижении температуры: 17.2 °C ;
- при превышении температуры: 33.8 °C ;
- при температуре в нормальном режиме: 22.7 °C ;

- состояние работы обогревателей: I / O ;
- для отображения тренда конкретного параметра требуется нажать на кнопку: .

Режим управления в дистанционном режиме:

- отображение режима на кнопке: Дистанционный режим ;
- для включения и выключения обогревателя: Вкл / Выкл .

Остальные параметры аналогичны автоматическому режиму.

Для контроля температуры в цехе на экране оператора есть возможность просмотра трендов температуры как в общем по цеху, так и для каждого регулируемого параметра отдельно.

Существующая на данный момент система отопления цеха была полностью заменена и автоматизирована. Была решена главная проблема отопления всех цехов с высокими потолками – обогреть только рабочую зону, не тратя энергию на обогрев остального объема помещения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате разработки системы были внедрены новые технологии как на программном уровне, так и на прикладном уровне. Это позволит обеспечить более экономичный расход энергоресурсов, комфортную и автоматическую работу системы по заданному алгоритму работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Системы искусственного интеллекта: учебное пособие / Е.А. Муравьева, М.И. Шарипов, Г.А. Каяшев и др. Уфа, 2015.
2. Сагдатуллин А.М., Муравьева Е.А., Емеев А.А. Классическая теория нечеткого управления в контексте методов дефаззификации // Современные проблемы науки и образования в техническом вузе: Материалы II Международной научно-практической конференции. Уфа, 2015. С. 198—204.
3. Сагдатуллин А.М., Емеев А.А., Муравьева Е.А. Системно-интегративный подход к автоматизации процессов проектирования и контроля разработки нефтегазовых месторождений // Нефтяное хозяйство. 2015. № 3. С. 92—95.
4. Муравьева Е.А., Соловьев К.А., Султанов Р.Г., Соловьева О.И. Синтез нечеткого регулятора с заданной многомерной статической характеристикой // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело, 2015. № 1. С. 245—260.
5. Соловьев К.А., Муравьева Е.А., Султанов Р.Г., Соловьева О.И. Синтез нечеткого регулятора для управления соотношением расходов «газ – воздух» на основе режимной карты // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2015. № 1. С. 275—291.
6. Sagdatullin A., Emekeev A., Muravyova E. Intellectual control of oil and gas transportation system by multi-dimensional fuzzy controllers with precise terms // Applied Mechanics and Materials. 2015. Т. 756. С. 633.
7. Муравьева Е.А., Сагдатуллин А.М. Система управления насосной станции с интерпретацией компенсационной функции совокупностью четких термов // Ученые записки Альметьевского государственного нефтяного института. 2015. Т. XIII. № 1. С. 363—368.
8. Шарипов М.И., Муравьева Е.А., Каяшев А.И., Багров К.А. Нечеткие когнитивные модели с представлением характеристик концептов совокупностью аргументов двузначной логики // ITIDS+RRS/2014 Proceedings of the 2 nd International Conference «Information Technologies for Intelligent Decision Making Support», 2014. С. 18—21.

9. **Емекеев А.А., Сагдатуллин А.М., Муравьёва Е.А.** Интеллектуальное логическое управление электроприводом насосной станции // Современные технологии в нефтегазовом деле-2014: Сборник трудов международной научно-технической конференции. Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2014. С. 218—221.
10. **Sagdatullin A., Muravyova E.** Technological processes management by fuzzy controllers with multidimensional precise terms fuzzy regulator // Молодежь и современные информационные технологии: Сборник трудов XII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2014. С. 305—306.
11. **Каяшев А.И., Шарипов М.И., Муравьёва Е.А., Багров К.А.** Когнитивные карты с интерпретацией концептов и связей между ними совокупностью аргументов двузначной логики // XII всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014. М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2014. С. 4126—4131.
12. **Verbally defined processes controlled by fuzzy controllers with input/output parameters represented by set of precise terms / A. Kayashev, E. Muravyova, M. Sharipov et al.** // Proceedings of 2014 International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems. MEACS, 2014. С. 698.
13. **Соловьёв К.А., Муравьёва Е.А., Султанов Р.Г.** Адаптация нечёткого регулятора // Нефтегазовое дело. 2014. Т. 12. № 3. С. 123.
14. **Соловьёв К.А., Муравьёва Е.А., Султанов Р.Г.** Адаптация нечёткого регулятора // Нефтегазовое дело. 2014. № 12-3. С. 123—128.
15. **Муравьёва Е.А., Сагдатуллин А.М., Емекеев А.А.** Artificial intelligence in objects recognition // Учёные записки Альметьевского государственного нефтяного института. 2014. Т. 12. № 1. С. 226—230.
16. **Муравьёва Е.А., Сагдатуллин А.М., Емекеев А.А.** Моделирование систем автоматизированного электропривода // Учёные записки Альметьевского государственного нефтяного института. 2014. Т. 12. № 1. С. 250—258.
17. **Муравьёва Е.А., Сагдатуллин А.М., Емекеев А.А.** Artificial intelligence and artificial neural network in images recognition // Материалы научной сессии ученых Альметьевского государственного нефтяного института. 2014. Т. 1. № 2. С. 98—101.
18. **Муравьёва Е.А., Шарипов М.И., Маннанов Ф.Ф.** Система автоматизации отопления при помощи инфракрасных обогревателей механического цеха на ОАО «Красный Пролетарий» // Научные труды SWorl. 2014. Т. 2. № 4. С. 64—66.
19. **Муравьёва Е.А.** Автоматизированное управление промышленными технологическими установками на основе многомерных логических регуляторов. Автореферат дис. ... докт. техн. наук: 05.13.06. Уфа: Уфимский государственный авиационно-технический университет, 2013.
20. **Муравьёва Е.А.** Автоматизированное управление технологическими установками на основе многомерных логических регуляторов (на примере процессов термообработки). Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2013.
21. **Муравьёва Е.А.** Автоматизированное управление промышленными технологическими установками на основе многомерных логических регуляторов: на примере процессов термообработки: Дис.... докт. техн. наук. Уфа: Уфимский государственный авиационно-технический университет, 2013.
22. **Муравьёва Е.А.** Методология автоматизированного управления многосвязными технологическими процессами, реализованная на многомерных четких логических регуляторах // Современные проблемы науки и образования в техническом вузе: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Уфа, 2013. С. 102—107.
23. **Об одном подходе к математическому моделированию автоматизированных систем управления технологическими процессами на основе миварных технологий / Г.С. Сергушин, М.О. Чибирова, О.О. Варламов и др.** // Системы и средства искусственного интеллекта, 2013. С. 192—195.
24. **Информационное моделирование сложных систем управления технологическими процессами на основе миварных АСУТП / Г.С. Сергушин, О.О. Варламов, М.О. Чибирова и др.** // Информационная безопасность: Материалы XIII международной научно-практической конференции, 2013. С. 19—27.
25. **Муравьёва Е.А., Шарипов М.И., Наянзина Н.В.** Автоматизированная система программной реализации многомерных чётких логических регуляторов // Малоотходные, ресурсосберегающие химические технологии и экологическая безопасность: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Филиал ФГБОУ ВПО УГНТУ в г. Стерлитамаке, 2013. С. 305—306.
26. **Муравьёва Е.А., Варламов О.О.** Об особенностях реализации миварной концепции в системах управления многосвязными технологическими процессами на основе чётких логических регуляторов // Научная сессия НИЯУ МИФИ — 2012: АННОТАЦИИ ДОКЛАДОВ / под ред. О.Н. Голотюка. 2012. С. 277.
27. **Богданов А.В., Муравьёва Е.А., Сазонова Т.В.** Многомерный чёткий логический регулятор с отработкой производных правил в ситуационных подпрограммах // Вестник Оренбургского государственного университета. 2012. № 4 (140). С. 248—252.
28. **Гузайров М.Б., Муравьёва Е.А., Соловьёв К.А.** Компьютерная модель функции выходной мощности паровой винтовой машины // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2012. Т. 16. № 1 (46). С. 106—111.
29. **Муравьёва Е.А.** Интеллектуальное управление многосвязными объектами, реализованное в ситуационных подпрограммах // Программные продукты и системы. 2012. № 4. С. 145.
30. **Каяшев А.И., Муравьёва Е.А., Габитов Р.Ф.** Оптимизация температурного режима прокали катализаторов крекинга по экономическим показателям технологического процесса // Башкирский химический журнал. 2011. Т. 18. № 2. С. 106—110.
31. **Guzairov M.B., Gabitov R.F., Kayashev A.I., Muravyova E.A.** Autoregressive neural network for model predictive control of multivariable cracking catalyst calcinatory // Optical Memory & Neural Networks (Information Optics). 2011. Vol. 20. No 3. С. 216—223.
32. **Габитов Р.Ф., Каяшев А.И., Муравьёва Е.А.** Управление печью прокали цеолитсодержащих катализаторов крекинга нефтепродуктов методом плавающего горизонта с использованием нейросетевой модели // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2010. № 12. С. 12—19.
33. **Муравьёва Е.А.** Интегрированные системы проектирования и управления: учебное пособие. Уфа:

- Уфимский государственный нефтяной технический университет в г. Стерлитамаке, 2008.
34. **Каяшева Г.А., Муравьева Е.А., Байманов И.Ф.** Дискретно-логическая система регулирования величины pH электролита в производстве хлора методом электролиза // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2008. № 1. С. 10.
 35. **Муравьева Е.А., Каяшева Г.А.** Нечеткий регулятор с лингвистической обратной связью для управления технологическими процессами. Патент на изобретение RUS 2309443 09.03.2006.
 36. **Муравьева Е.А.** Управление химико-технологическими процессами с идентификацией отклонения терм-множеством лингвистических переменных // Башкирский химический журнал. 2006. Т. 13. № 3. С. 104—108.
 37. **Каяшев А.И., Муравьева Е.А.** Синтез логических структур химико-технологических систем на основе последовательностных уравнений // Башкирский химический журнал. 2006. Т. 13. № 3. С. 97—100.
 38. **Гималтдинов И.К., Столповский М.В., Шишкина А.Ф., Кулаков П.А.** Численная модель образования газогидрата в пласте конечной длины // Современные проблемы науки и образования в техническом вузе: Материалы II Международной научно-практической конференции. Уфа, 2015. С. 12—16.
 39. **Кульга К.С., Виноградов П.В., Шишкина А.Ф.** Разработка технологии изготовления отливок базовых деталей станочного оборудования с использованием 3d-геометрического моделирования // Современные проблемы науки и образования в техническом вузе: Материалы II международной научно-практической конференции. Уфа, 2015. С. 178—180.

E.A. Muravyova, F.F. Mannanov, M.I. Sharipov, G.A. Kayasheva

muraveva_ea@mail.ru; filus_kiauk@mail.ru; sharipovm@mail.ru; gkaysheva@mail.ru

Sterlitamak branch of Ufa State Petroleum Technological University, Russia

INFRARED HEATERS CONTROL SYSTEM OF MACHINE SHOP HEATING

SUMMARY

The project of heating automated control system of the production premises using infrared heaters has been developed. It allows automatically maintain the desired temperature in the working area of production rooms according to the time, provides more efficient energy resources consumption.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В СРЕДЕ СИМВОЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ «МАТЕМАТИКА»

АННОТАЦИЯ

С помощью программы «Mathematica» строится математическая модель манипулятора на подвижном основании. определяются программные управления как результат наложения неголономных связей на движение системы. Проведено численное моделирование программного движения манипулятора по заданной траектории.

ВВЕДЕНИЕ

Задача об управлении движением манипулятора, установленного на подвижном шасси, имеет большое теоретическое и прикладное значение. В работе рассматривается автономный мобильный манипулятор на колёсном шасси. Исследования в этой области стимулируются многочисленными проблемами, возникающими в процессе деятельности человека. Исследование динамики мобильных манипуляторов осложняется большим числом степеней свободы и громоздкостью системы уравнений. Сложность расчёта манипуляторов приводит к развитию матричных методов составления уравнений движения [1—4]. Эти методы реализуются на компьютере с помощью системы символьных вычислений «Математика».

1. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МОБИЛЬНОГО МАНИПУЛЯТОРА

Манипулятор установлен на трёхколесном подвижном основании. Два колеса ведущих и одно пассивное — самоориентирующееся (рольное). Каждое ведущее колесо приводится во вращение мотор-редуктором постоянного тока. Самоориентирующееся колесо закреплено в свободно вращающейся относительно вертикальной оси вилке.

Манипулятор прикреплен к средней части шасси. Штанга манипулятора телескопическая, собрана из двух трубок соответствующих диаметров. Трубка меньшего диаметра приводится в движение при помощи винтового устройства, вращаемого мотор-редуктором. Трубка большего диаметра закреплена на шасси так, что может вращаться относительно вертикальной и горизонтальной осей. Вращения обеспечиваются мотор-редукторами постоянного тока с различными передаточными числами.

Платформа мобильного манипулятора движется в горизонтальной плоскости. Предполагается, что колеса не проскальзывают в точках контакта с поверхностью. Введём в рассмотрение

следующие системы координат (рис. 1): $OXYZ$ — неподвижная система координат; $Ax_1y_1z_1$ — подвижная система, жестко связанная с платформой, координаты точки A в неподвижной системе $(x, y, 0)$; ψ — угол поворота MP вокруг оси Az_1 относительно неподвижной системы координат; δ — угол поворота штанги относительно вертикальной оси (угол между осью Ax_1 и проекцией вектора DB на горизонтальную плоскость); α — угол отклонения вектора DB от вертикали; s — удлинение штанги. При построении математической модели мобильного манипулятора люфты в редукторах не учитывались: было сделано допущение о том, что углы поворотов роторов двигателей пропорциональны соответствующим угловым или линейной координатам.

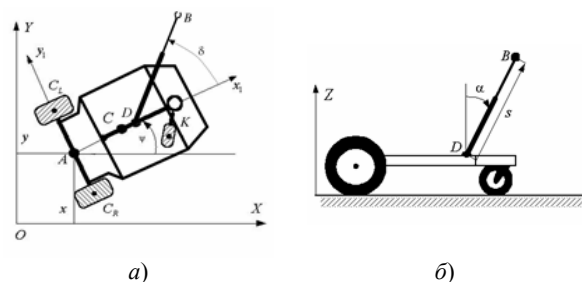


Рис. 1. Мобильный манипулятор: а — вид сверху; б — вид сбоку

Напишем уравнения мобильного манипулятора в виде уравнений Аппеля [1]. Условие отсутствия бокового скольжения в проекции на ось Ay_1 соответствует равенству нулю проекции скорости точки A на эту ось:

$$V_{Ay_1} = -\dot{x} \sin \psi + \dot{y} \cos \psi = 0.$$

В уравнениях будем учитывать только массу платформы и массу схвата. Колеса и звенья штанги манипулятора считаем невесомыми. Переходными процессами в двигателях привода пренебрегаем.

Положение системы абсолютно твёрдых тел в этом случае определяется вектором обобщённых координат:

$$\mathbf{q} = (x, y, \psi, \delta, \alpha, s)^T,$$

вектор обобщённых скоростей

$$\dot{\mathbf{q}} = (\dot{x}, \dot{y}, \dot{\psi}, \dot{\delta}, \dot{\alpha}, \dot{s})^T.$$

Вектор псевдоскоростей будет иметь вид

$$\boldsymbol{\pi} = (V, \Omega, \omega_3, \omega_4, u)^T.$$

Кинематические уравнения, устанавливающие связь между обобщёнными скоростями и псевдо-скоростями:

$$\dot{x} = V \cos \psi, \dot{y} = V \sin \psi, \dot{\psi} = \Omega, \dot{\delta} = \omega_3, \dot{\alpha} = \omega_4, \dot{s} = u.$$

Выпишем выражение для функции Аппеля:

$$S = \frac{1}{2}((m(\dot{V} - a\Omega)^2 + (a\dot{\Omega} + V\Omega)^2) + J\dot{\Omega}^2 + m_b \mathbf{w}_B^2(\dot{\boldsymbol{\pi}}, \boldsymbol{\pi}, \mathbf{q})),$$

где $\mathbf{w}_B^2(\dot{\boldsymbol{\pi}}, \boldsymbol{\pi}, \mathbf{q})$ — квадрат абсолютного ускорения схвата манипулятора.

Уравнения Аппеля в матричной форме имеют вид

$$\left(\frac{\partial S}{\partial \boldsymbol{\pi}}\right)^T = \mathbf{Q},$$

где $\mathbf{Q} = (Q_V, Q_\Omega, Q_\delta, Q_\alpha, Q_S)^T$ — вектор обобщённых сил. С учётом веса схвата компоненты вектора обобщённых сил в определяются выражениями

$$\begin{aligned} Q_V &= \frac{n(M_{1\text{дв}} + M_{2\text{дв}})}{r}, \\ Q_\Omega &= \frac{nl(M_{1\text{дв}} - M_{2\text{дв}})}{r}, \\ Q_\delta &= n_\delta M_{3\text{дв}}, \\ Q_\alpha &= mgs \sin \alpha + n_\alpha M_{4\text{дв}}, \\ Q_S &= -mg \cos \alpha + n_s M_{5\text{дв}} / r_s. \end{aligned}$$

Момент, развиваемый двигателем постоянно-го тока, определяется выражением

$$M_{i\text{дв}} = c_1 U_i - c_2 \omega_i,$$

где i — номер двигателя; c_1, c_2 — постоянные двигателя; U_i — напряжение на i -м двигателе; ω_i — угловая скорость ротора i -го двигателя.

2. ПРОГРАММНОЕ ДВИЖЕНИЕ КАК НАЛОЖЕНИЕ НОВЫХ СВЯЗЕЙ

Пусть $\mathbf{AD} = b$, тогда координаты точки B будут определяться формулами

$$\begin{aligned} x_B &= x + b \cos \psi + s \cos(\psi + \delta) \sin \alpha; \\ y_B &= y + b \sin \psi + s \sin(\psi + \delta) \sin \alpha; \\ z_B &= s \cos \alpha. \end{aligned} \quad (1)$$

Для нахождения скорости и ускорения точки B продифференцируем выражения (1) по времени и заменим обобщённые скорости через псевдо-скорости. Тогда

$$\mathbf{V}_B(t) = \mathbf{B}\boldsymbol{\pi}, \quad (2)$$

где матрица \mathbf{B} достаточно громоздка и в явном виде здесь не приводится.

Дифференцирование равенства (2) приводит к следующему выражению для ускорения точки B :

$$\mathbf{w}_B(t) = \mathbf{B}\boldsymbol{\pi} + \tilde{\mathbf{w}},$$

где $\tilde{\mathbf{w}} = \tilde{\mathbf{w}}(\boldsymbol{\pi}, \mathbf{q})$ — вектор, компоненты которого не зависят от псевдоускорений.

Пусть в неподвижной системе координат задан вектор скорости схвата $\mathbf{V}_B(t)$. Тогда левые части выражений (2) будут известными функциями времени и, следовательно, уравнения можно рассматривать как неолономные связи для вектора псевдоскоростей $\boldsymbol{\pi}$ [1].

Рассмотрим свободное движение мобильного манипулятора при наличии связей (2). Для этого запишем уравнения Аппеля с неопределёнными множителями:

$$\left(\frac{\partial S}{\partial \boldsymbol{\pi}}\right)^T = \mathbf{Q} + \mathbf{B}^T \boldsymbol{\lambda}, \quad \boldsymbol{\lambda} = \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \end{pmatrix}, \quad (3)$$

где $\boldsymbol{\lambda}$ — вектор неопределённых множителей.

Введём матрицу $\tilde{\mathbf{B}}$, которая является обратной к матрице, полученной добавлением слева к матрице \mathbf{B}^T двух единичных столбцов.

Умножим слева уравнения (3) на матрицу $\tilde{\mathbf{B}}$:

$$\tilde{\mathbf{B}} \left(\left(\frac{\partial S}{\partial \boldsymbol{\pi}}\right)^T - \mathbf{Q} - \mathbf{B}^T \boldsymbol{\lambda} \right) = 0. \quad (4)$$

Так как $\tilde{\mathbf{B}}\mathbf{B}^T \boldsymbol{\lambda} = (0, 0, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3)^T$, то первые два уравнения системы (4) не содержат компонент вектора $\boldsymbol{\lambda}$. Эти два уравнения можно рассматривать как уравнения мобильного манипулятора, на движение которого наложена неолономная связь (2).

Знание неопределённых множителей $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$, позволяет вычислить программные значения управляющих воздействий по формуле

$$\mathbf{Q}_{\text{пр}} = \mathbf{B}^T(t)\boldsymbol{\lambda}(t). \quad (5)$$

После подсчёта обобщённых сил по формуле (5) можно вычислить напряжения, при подаче которых на двигатели будут реализованы требуемые моменты. Предполагается, что манипулятор приводится в движение такими же двигателями, какие вращают ведущие колеса платформы.

Из выражений, описывающих обобщённые силы Q_V и Q_Ω , получим следующие формулы для вычисления напряжений U_1 и U_2 , которые необходимо подать на ведущие двигатели платформы в процессе движения схвата по заданной траектории:

$$U_1 = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{a_1} \left(Q_V + \frac{2c_2 n^2 V}{r^2} \right) + \frac{1}{a_2} \left(Q_\Omega + \frac{2c_2 n^2 l^2 \Omega}{r^2} \right) \right];$$

$$U_2 = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{a_1} \left(Q_V + \frac{2c_2 n^2 V}{r^2} \right) - \frac{1}{a_2} \left(Q_\Omega + \frac{2c_2 n^2 l^2 \Omega}{r^2} \right) \right]. \quad (6)$$

В формулах (6) использованы следующие обозначения: $a_1 = \frac{c_1 n}{r}$, $a_2 = \frac{c_1 n l}{r}$.

Вычислим напряжения, которые необходимо подать на двигатели:

$$U_3 = \frac{1}{c_1} \left(\frac{Q_\delta}{n_\delta} + c_2 n_\delta \omega_3 \right),$$

$$U_4 = \frac{1}{c_1} \left(\frac{Q_\alpha - m_2 g s \sin \alpha}{n_\alpha} + c_2 n_\alpha \omega_4 \right), \quad (7)$$

$$U_5 = \frac{1}{c_1} \left(\frac{Q_s + m_2 g \cos \alpha}{n_s} r_s + c_2 n_s \frac{u}{r_s} \right).$$

3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ МОБИЛЬНОГО МАНИПУЛЯТОРА

Исследование рассматриваемой системы проводится в среде символьных вычислений «Mathematica». На первом этапе в символьном виде строятся уравнения движения с учётом кинематических соотношений, выражающих неголономную связь, наложенную на движение системы. Далее задаётся закон движения схвата и вычисляется выражение неголономной связи (2). Дальнейшие преобразования позволяют вычислить вектор неопределённых множителей $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$, обеспечивающих реализацию программного движения (2). Зная неопределённые множители, вычисляем программные значения управляющих воздействий по формуле (5). Далее выписываются выражения (6), (7) для напряжений, которые необходимо подать на двигатели для реализации заданного программного движения.

Далее приводятся результаты численного моделирования (рис. 2—13) движения мобильного манипулятора по винтовой линии. Винтовая линия задается следующими равенствами с параметрами, где:

$$x_B = \frac{6}{5} \cos \frac{t}{k}; \quad y_B = \frac{6}{5} \sin \frac{t}{m}; \quad z_B = \frac{1}{5} + \frac{3t}{n},$$

где $k = m = 5$, $n = 250$.

На рисунках приведены результаты численного моделирования для трёх различных наборов начальных условий.

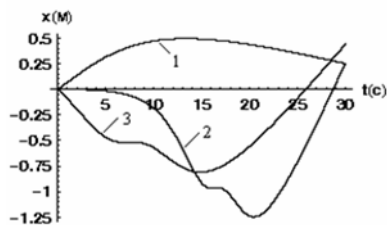


Рис. 2. Изменение координаты x точки A

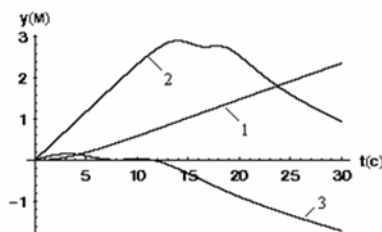


Рис. 3. Изменение координаты y точки A

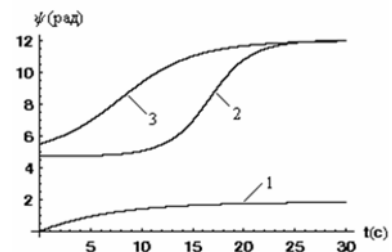


Рис. 4. Изменение угла ψ

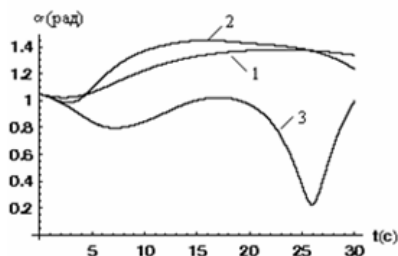


Рис. 5. Изменение угла α

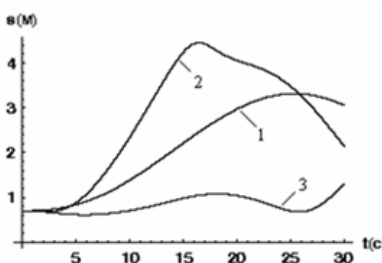


Рис. 6. Изменение длины манипулятора s

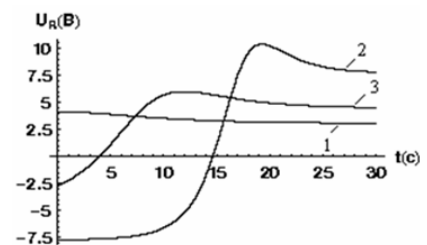


Рис. 7. Изменение U_1

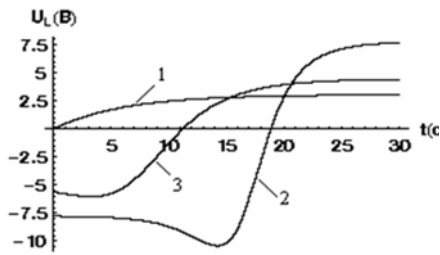


Рис. 8. Изменение U_2

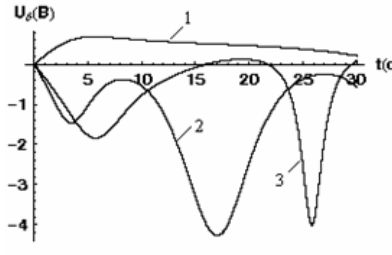


Рис. 9. Изменение U_3

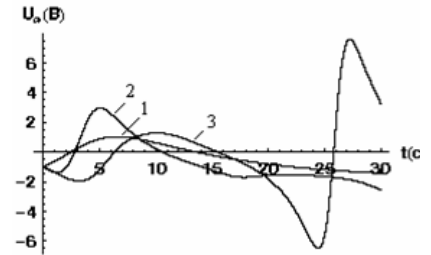


Рис. 10. Изменение U_4

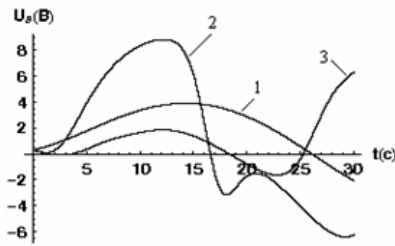


Рис. 11. Изменение U_5

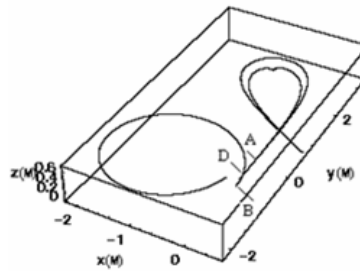


Рис. 12. Траектории движения точек A, B, D в случае 2

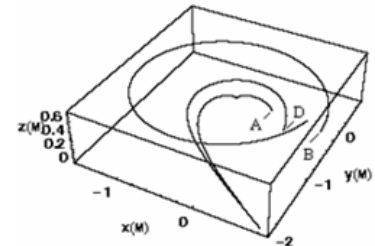


Рис. 13. Траектории движения точек A, B, D в случае 3

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С помощью программы «Mathematica» построена математическая модель мобильного телескопического манипулятора. Проведено численное моделирование программного движения схвата, заданного в виде неголономной связи, накладывающей ограничение на скорость схвата.

По результатам численных расчётов представлены графики изменения координат, управляющих напряжений и траекторий точек системы. Полученная информация позволяет судить о реализуемости заданного программного движения схвата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мартыненко Ю.Г., Орлов И.В. Программное управление движением телескопического манипулятора на подвижной платформе // Вестник МЭИ. 2003. № 5. С. 60—70.
2. Мартыненко Ю.Г., Орлов И.В. Алгоритмы управления мобильным манипулятором // Материалы научной школы-конференции «Мобильные роботы и мехатронные системы». Москва, Россия, 2—3 декабря 2002 г. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2002. С. 142—155.
3. Орлов И.В., Чунг Ч.Т. Управление мобильным двухзвенным манипулятором с ангулярной системой координат // Вестник Московского энергетического института. 2011. № 5. С. 90—94.
4. Адамов Б.И., Орлов И.В. Управление мобильным манипулятором, работающим в цилиндрической системе координат // Вестник Московского энергетического института. 2012. № 1. С. 28—35.

I.V. Orlov

eagleIV@yandex.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

MODELING OF MECHANICAL SYSTEM IN THE SYMBOLIC COMPUTING ENVIRONMENT OF MATHEMATICA

SUMMARY

Using program Mathematica, we construct a mathematical model of the manipulator on a moving base. defines program management as a result of imposition of non-holonomic relations on the motion of the system. A numerical simulation program movement of the manipulator along a predetermined path.

ИНТЕРАКТИВНАЯ СЕТЕВАЯ ВЕРСИЯ РАСЧЁТА КОЭФФИЦИЕНТОВ АКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОЛИТОВ И КОЭФФИЦИЕНТОВ ЛЕТАЧЕСТИ

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены образовательные возможности расчётного сервера НИУ «МЭИ» при создании электронного образовательного ресурса — базы данных и справочника физико-химических величин по дисциплинам «Химия» и «Физическая химия» — примеры расчёта коэффициентов активности электролитов и коэффициентов летучести реальных газов.

ВВЕДЕНИЕ

Открытие в Интернет расчётного сервера НИУ «МЭИ» [1, 2] позволило создать и внедрить в учебный процесс интерактивную сетевую версию термодинамической базы данных и справочника физико-химических величин. Пользователь получает возможность вводить исходные данные расчётов в элементы интерфейса, передавая свои расчётные данные на сервер, где проводятся вычисления, и получить результаты расчётов в аналитической и графической формах.

Графические иллюстрации зависимостей дают наглядное представление о характере их изменения, позволяют наблюдать поведение исследуемой зависимости и текущую точку на кривой — «картинка стоит тысячи слов».

Применяемые технологии делают интерактивную базу данных инструментом познания, позволяя сосредоточить внимание на содержательном анализе исследуемого процесса.

1. РАСЧЁТ КОЭФФИЦИЕНТА АКТИВНОСТИ

В реальных растворах силы межмолекулярных взаимодействий и электростатические силы приводят к ассоциации молекул и ионов, вследствие чего мерой реального поведения иона при установившемся равновесии является активность.

Активность a и моляльная концентрация C связаны соотношением

$$a = \gamma C,$$

где γ — коэффициент активности.

Ресурс позволяет исследовать и анализировать влияние и концентрации, и природы электролита (MathCAD—документ 1, рис. 1—3) на коэффициент активности.

Отклонение коэффициента активности от единицы свидетельствует об отклонении системы от идеальности.

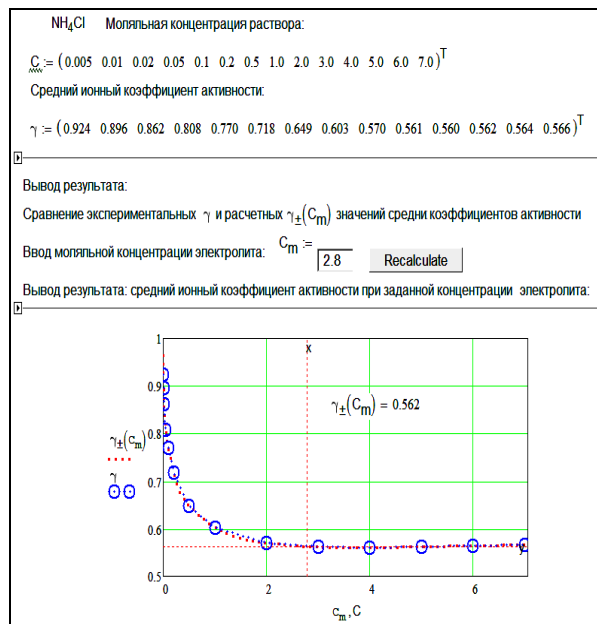


Рис. 1. Зависимость коэффициента активности NH_4Cl от концентрации раствора

В зависимости от природы электролита при увеличении концентрации между ионами возникают или силы притяжения — коэффициент активности уменьшается (рис. 1), или силы отталкивания — коэффициент активности увеличивается (рис. 2).

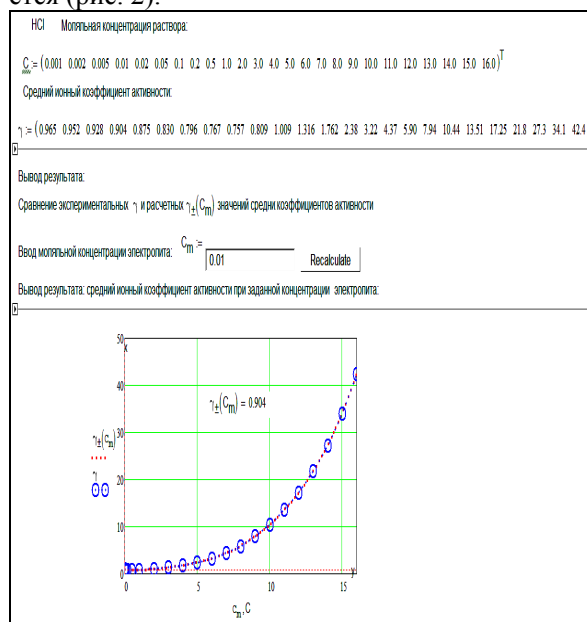


Рис. 2. Зависимость коэффициента активности HCl от концентрации раствора

При повышении концентрации начинают проявлять себя силы отталкивания, и при некоторой концентрации они могут уравновеситься, коэффициент активности снова равен единице, и даже при значительных концентрациях система ведёт себя как идеальная (рис. 3).

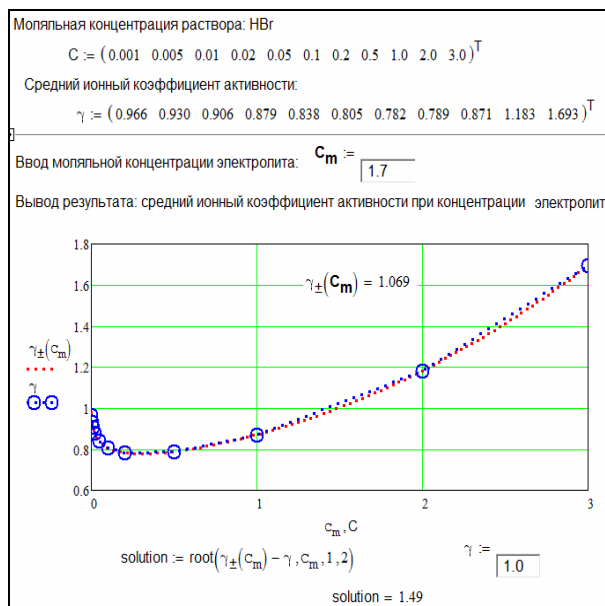


Рис. 3. Зависимость коэффициента активности NH₃ от моляльности раствора

При дальнейшем увеличении концентрации преобладающими становятся силы отталкивания, и коэффициент активности может принимать значения больше единицы. Глубина минимума и его положение зависят от природы электролита [4].

Ресурс позволяет рассчитать и коэффициент активности при заданной моляльности, и определить моляльность раствора при заданном коэффициенте активности (рис. 1—3).

2. РАСЧЁТ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЛЕТУЧЕСТИ ПО ЗАВИСИМОСТИ ОБЪЁМА ОТ ДАВЛЕНИЯ

При описании реальных газовых систем, так же как реальных растворов, приходится учитывать отклонения от идеальности, вводя в уравнения, описывающие идеальные системы, некоторую функцию от давления — летучесть f :

$$\Delta G_{real}(P) = n R T \ln f(P).$$

Летучесть и давление связаны соотношением:

$$f = \gamma P,$$

где γ — коэффициент летучести.

Практическую ценность полученные уравнения будут иметь только в том случае, если есть возможность расчёта летучести. Одним из методов расчёта летучести является метод, основанный на уравнении

$$\ln(f) = \ln(P) - \frac{1}{RT} \int_0^P \alpha(P, V) dP, \quad (1)$$

где $\alpha(P, V) = \frac{RT}{P} - V$.

Разумеется, для расчёта необходимы данные по зависимости объёма от давления. Проиллюстрируем (MathCAD–документ 2, рис. 4—7) возможности ресурса при расчёте летучести аммиака по данным [5, 6].

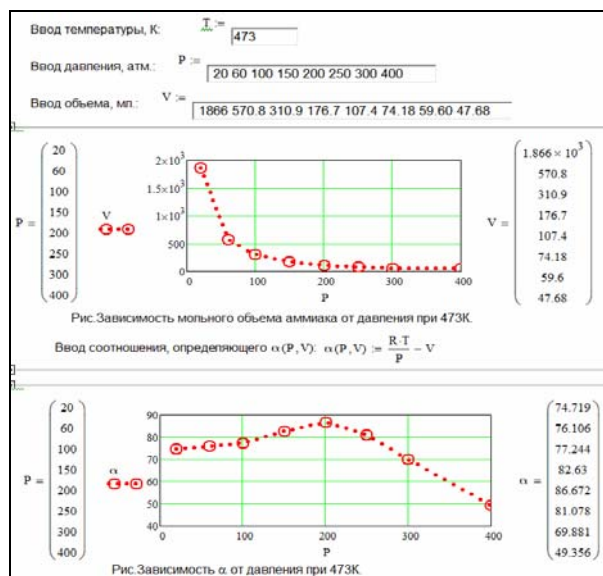


Рис. 4. Зависимость молярного объёма аммиака и от давления

Для того чтобы провести расчёт по уравнению (1), необходимо найти аналитическую зависимость $\alpha(P)$. В MathCAD может быть реализована регрессия полиномом n -й степени.

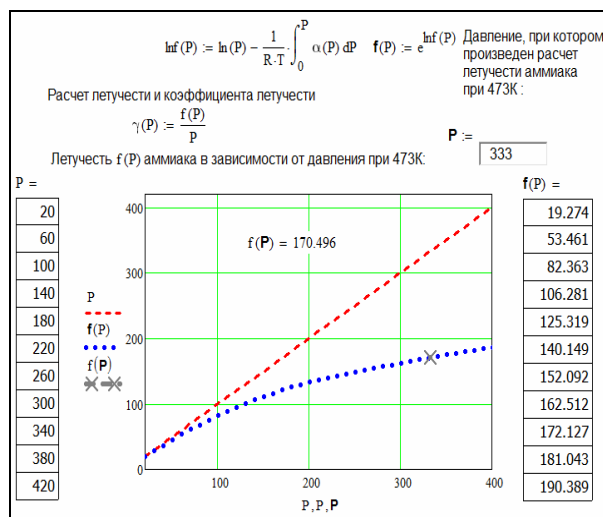


Рис. 5. Летучесть $f(P)$ аммиака в зависимости от давления при 473 К

Сравнение зависимости изменения энергии Гиббса идеального газа $\Delta G_{ideal}(P)$ и реальной системы $\Delta G_{real}(P)$ (рис. 8) позволяет исследовать характер межмолекулярного взаимодействия при изменении давления. При $P \rightarrow 0$ молярная энергия

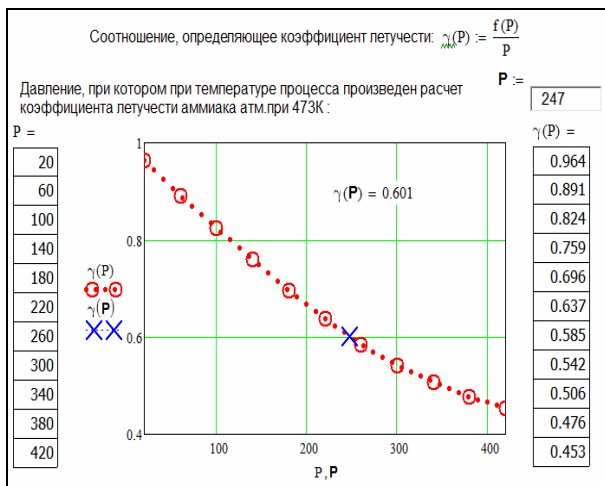


Рис. 6. Коэффициент летучести $\gamma(P)$ аммиака в зависимости от давления при 473 К

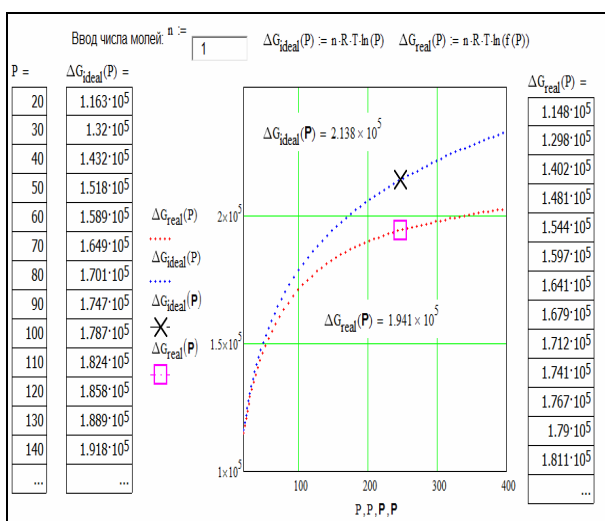


Рис. 7. Изменение мольной энергии Гиббса аммиака в зависимости от давления при 473 К: $\Delta G_{ideal}(P)$ — идеальный газ; $\Delta G_{real}(P)$ — реальный газ

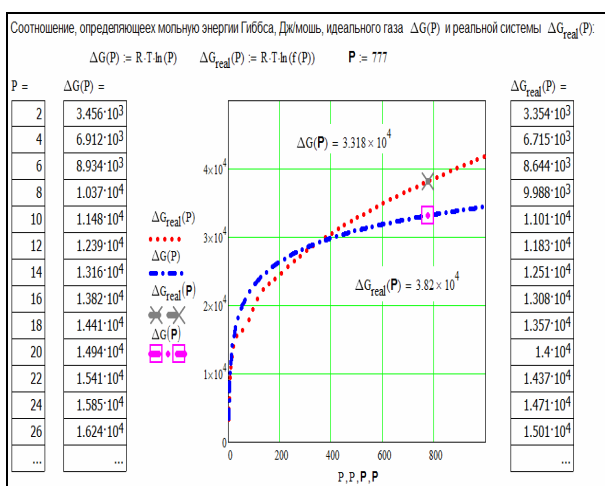


Рис. 8. Изменение мольной энергии Гиббса толуола в зависимости от давления при 600 К

Гиббса реального газа и идеального газа совпадают. При сравнительно невысоких давлениях преобладают силы притяжения, и мольная энергия Гиббса реального газа меньше, чем идеального, но при высоких давлениях преобладают силы отталкивания, и мольная энергия Гиббса реального газа выше, чем идеального.

3. РАСЧЁТ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЛЕТУЧЕСТИ ПО ПРИНЦИПУ СООТВЕТСТВЕННЫХ СОСТОЯНИЙ

Для многих газов было показано, что коэффициент летучести γ является однозначной функцией приведённых параметров:

$$\gamma = F(\pi, \tau),$$

т.е. приведённой температуры τ , давления π и объёма φ : $\pi = \frac{P}{P_{кр}}$; $\tau = \frac{T}{T_{кр}}$; $\varphi = \frac{V}{V_{кр}}$,

где $P_{кр}$, $T_{кр}$ — критическое давление и критическая температура исследуемого соединения, $V_{кр}$ — мольный объём в критической точке. В справочниках, в частности в [3], приведены графические зависимости в координатах

$$\gamma = f(\pi) \text{ при } \tau = \text{const}$$

и те же зависимости, оформленные в виде таблиц. Ресурс (MathCAD–документ 3, рис. 9—10) позволяет определить коэффициенты летучести в интервале приведённого давления $\pi = 0 \div 10$ и приведённой температуры $\tau = 1,0 \div 3,5$ (рис. 10—11), приведённого давления $\pi = 0 \div 60$ и приведённой температуры $\tau = 5,0 \div 35$.

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА ЛЕТУЧЕСТИ ПРИ ЗНАЧЕНИЯХ ПРИВЕДЕННОГО ДАВЛЕНИЯ $\pi = 0 \div 10$ И ПРИВЕДЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ $\tau = 1,0 \div 3,5$

$\pi_1 :=$	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0	3.5
$\gamma_1 :=$	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
$\gamma_2 :=$	0.612	0.735	0.814	0.870	0.906	0.926	0.948	0.966	0.984	0.978	0.990	1.00	1.006	1.010	1.014
$\gamma_3 :=$	0.385	0.560	0.668	0.760	0.824	0.872	0.898	0.914	0.930	0.956	0.980	1.00	1.012	1.020	1.028
$\gamma_4 :=$	0.288	0.435	0.560	0.668	0.748	0.805	0.854	0.880	0.902	0.940	0.974	1.00	1.020	1.032	1.046
$\gamma_5 :=$	0.248	0.370	0.484	0.602	0.690	0.764	0.824	0.868	0.882	0.930	0.972	1.00	1.030	1.048	1.062
$\gamma_6 :=$	0.226	0.338	0.464	0.566	0.654	0.736	0.802	0.842	0.866	0.922	0.972	1.008	1.042	1.062	1.080
$\gamma_7 :=$	0.210	0.318	0.442	0.544	0.634	0.720	0.788	0.834	0.860	0.920	0.978	1.014	1.052	1.074	1.098
$\gamma_8 :=$	0.202	0.310	0.430	0.532	0.626	0.710	0.780	0.832	0.860	0.926	0.988	1.026	1.068	1.092	1.112
$\gamma_9 :=$	0.200	0.308	0.428	0.528	0.624	0.712	0.784	0.834	0.860	0.934	1.000	1.040	1.086	1.110	1.136
$\gamma_{10} :=$	0.200	0.310	0.430	0.532	0.630	0.720	0.792	0.840	0.878	0.948	1.014	1.058	1.106	1.130	1.158
$\gamma_{11} :=$	0.202	0.312	0.434	0.542	0.640	0.730	0.806	0.852	0.890	0.964	1.034	1.076	1.128	1.153	1.180

Рис. 9. Коэффициенты летучести (приведённое давление $\pi = 0 \div 10$, приведённая температура $\tau = 1,0 \div 3,5$)

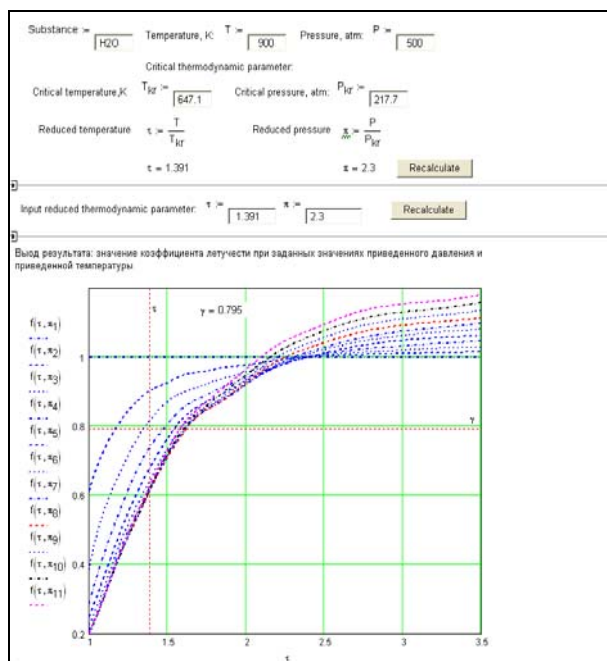


Рис. 10. Расчёт коэффициента летучести H_2O при температуре $T = 900$ К и давлении $P = 500$ атм

4. РАСЧЁТ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЛЕТУЧЕСТИ ПО КОЭФФИЦИЕНТУ СЖИМАЕМОСТИ

Одним из методов расчёта летучести является метод, основанный на расчёте коэффициента летучести γ по уравнению

$$\ln \gamma = \int_0^P \frac{Z(P) - 1}{P} dP,$$

где $Z(P) = V_{\text{real}}/V_{\text{id}}$.

MathCAD–документ 4 (рис. 11) иллюстрирует возможности ресурса при расчёте коэффициента летучести этим методом [7].

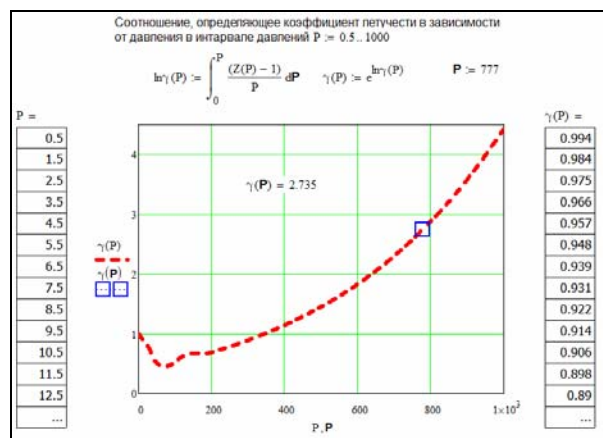


Рис. 11. Коэффициент летучести $\gamma(P)$ толуола в зависимости от давления, бар, при 600 К

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение образовательных MathCAD-технологий позволяет создавать качественно новую интерактивную информационно-учебную среду, способствует развитию познавательной активности и совершенствованию образования в области фундаментальных естественных наук.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Очков В.Ф.** MathCAD-12 для студентов и инженеров. СПб. БХВ-Петербург, 2005. 454 с.
2. **Расчётный** сервер Московского энергетического института. [Электронный ресурс]. URL: www.vpu.ru/mas
3. **Краткий справочник физико-химических величин.** — 12-е изд. / под ред. А.А. Равделя и Н.М. Пономаревой. М.: 000 «ТИД АРИС», 2010. 240 с.
4. **Антропов Л.И.** Теоретическая электрохимия. Изд. 2-е, переработ. и доп.: учебник. М.: Высшая школа, 1969, 512 с.
5. **Теплофизические свойства** технически важных газов при высоких температурах и давлениях. Справочник / В.Н. Зубарев, А.Д. Козлов, В.М. Кузнецов и др. М.: Энергоатомиздат, 1989. 232 с.
6. **Варгафтик Н.Б.** Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. М.: Наука, 1972. 720 с.
7. **Goodwin R. D., J.Chem. Ref.Date** 18,1565 (1989).

M.A. Osina, D.G. Naryshkin

OsinaMA@mpei.ru; NaryshkinDG@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

INTERACTIVE NETWORK VERSION OF CALCULATION OF ACTIVITY COEFFICIENT OF ELECTROLYTES AND FUGACITY COEFFICIENTS

SUMMARY

Reviewed educational opportunities of calculation server NRU «MPEI» when creating electronic educational resources — database and directory of physical and chemical quantities in the disciplines «Chemistry» and «Physical Chemistry» — an example of calculation of activity coefficients of electrolytes and fugacity coefficients of real gases.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАСЧЁТА СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДОБЫЧНЫХ УЧАСТКОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён рассмотрению особенностей разработки и реализации системы автоматизированного расчёта схем электроснабжения добычных участков угольных шахт. Предлагается структура информационного обеспечения системы. Приводятся алгоритм и порядок работы автоматизированной системы расчёта электроснабжения.

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование систем электроснабжения промышленных предприятий является трудоёмким процессом, который содержит ряд логически обоснованных операций, связанных с расчётами и выбором оборудования.

Существуют коллективы разработчиков программного обеспечения и индивидуальные группы программистов, предлагающие пакеты прикладных программ для автоматизации расчёта систем электроснабжения общепромышленных и бытовых объектов, позволяющие снизить время проектирования за счёт применения программных модулей с набором расчётных формул, справочно-технической документации, баз данных изделий и оборудования, удобного входного и выходного интерфейсов [1]. В рамках решаемой задачи принципиально важным являются вопросы единства горно-технической безопасности, электротехнической целесообразности и максимальной надёжности.

1. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДОБЫЧНЫХ УЧАСТКОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Для угольной промышленности установлен строгий порядок выполнения и утверждения документов по расчёту электроснабжения участков различного назначения, так как при расследовании причин катастроф и аварий, происходящих в результате как техногенных, так и человеческих факторов, часто объектом первоочередного внимания становятся системы электроснабжения участков угольных шахт.

Расчёт схем электроснабжения угольных шахт отличается от расчёта схем электроснабжения общепромышленный и бытовых предприятий [2, 3]. Это связано с подвижным характером ведения работ, влияющим на изменение технологических и электрических параметров электротехнических комплексов. Продвижение забоя, выход из строя

оборудования и его замена на другое с аналогичными технологическими характеристиками, но другими электрическими параметрами, требует оперативного изменения схемы электроснабжения и её перерасчёта в сжатые сроки с целью минимизации простоя оборудования. Каждое такое изменение требует проведения и документирования новых расчётов схем электроснабжения. Порядок расчёта электроснабжения формализован в справочной и методической литературе и проверен многолетним опытом эксплуатации на угольных шахтах России, Казахстана, Украины и других стран.

Применение автоматизированной системы расчёта электроснабжения (АС РЭС) добычных участков угольных шахт позволит уменьшить временные затраты на расчёт и перерасчёт схем электроснабжения и свести к минимуму вероятность ошибки при принятии неверных решений физическими лицами.

2. СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АС РЭС

Неотъемлемой частью программно-аппаратных средств АС РЭС является система, предназначенная для хранения, поиска, оценки и обновления информационных характеристик. Информационная система при расчёте схем электроснабжения добычного участка должна обеспечивать:

- хранение и обработку данных для расчёта схем электроснабжения в соответствии с требованиями правил безопасности;
- хранение и обработку данных для формирования структуры схем электроснабжения технологических объектов, корректировку изменений в схемах с последующим их расчётом и документированием;
- хранение и вызов справочной информации об аппаратах, кабельных изделиях, устройствах защиты и управления, имеющихся на складах шахты;
- хранение и выдачу по требованию регламентированной ПБ, справочной информации, определяющей допустимую структуру и технические характеристики схем электроснабжения;
- хранение в памяти ЭВМ расчётов и графических изображений схем электроснабжения шахты;
- хранение и обработку данных для формирования твёрдых копий схем электроснабжения.

Анализ информационных характеристик электротехнических комплексов добычных участков угольных шахт показал, что основными информационными характеристиками АС РЭС являются:

- список технологических (добычных) участков (имя: полное, сокращённое);
- дата расчёта технологических участков;
- перечень электропотребителей участка (комбайны, лебёдки, конвейеры, вентиляторы местного проветривания, погрузочные машины и т.п.);
- перечень и параметры электродвигателей, применяемых в угольной промышленности;
- перечень и параметры комплектных распределительных устройств;
- перечень и параметры передвижных трансформаторных подстанций;
- перечень и параметры кабельной продукции;
- перечень и параметры аппаратуры управления и защиты (автоматы, пускатели, уставки);

• справочно-нормативно-регламентирующая информация по схемам электроснабжения угольных шахт (правила безопасности, правила эксплуатации) [4, 5].

Таким образом, информационная система АС РЭС должна содержать большое количество файлов условно-постоянной информации: списки применяемых трансформаторных подстанций, кабелей, автоматических выключателей, магнитных пускателей и т.п. Каждый такой список содержит наименование устройства и необходимые для расчётов технические характеристики (рис. 1).

Комплекс программ базы данных должен позволять работать с различными типами потребителей. Должна существовать возможность корректировки файлов условно-постоянной информации.

В структуре АС РЭС необходима подсистема хранения данных, подсистема доступа к данным, а также модуль вывода результатов расчёта на печать.

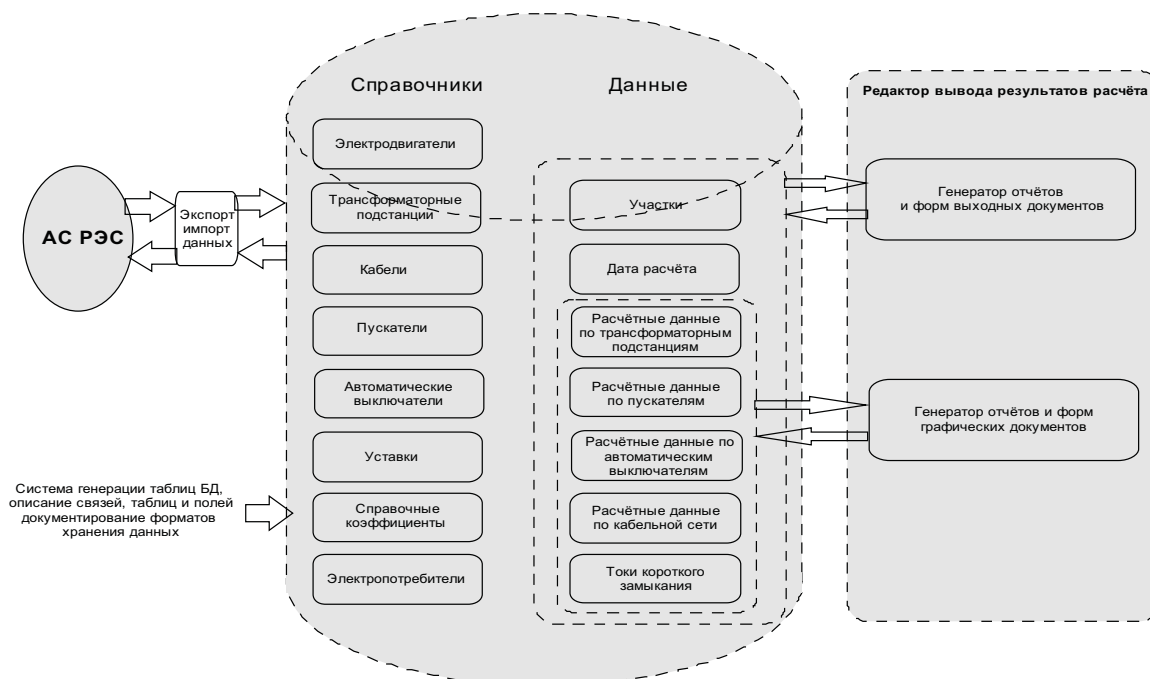


Рис. 1. Структура информационного обеспечения АС РЭС

Информационное обеспечение комплекса строится таким образом, что данные, вводимые с клавиатуры, и данные, полученные в результате расчётов, по каждому технологическому объекту (добычному участку) хранятся во внешней памяти ЭВМ. К ним можно обратиться неоднократно с целью корректировки и/или вывода на печать.

3. АЛГОРИТМ И ПОРЯДОК РАСЧЁТА СХЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДОБЫЧНЫХ УЧАСТКОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Алгоритм программного обеспечения АС РЭС добычного участка угольной шахты должен позволять:

- создавать множество новых вариантов расчёта электроснабжения участка;
- автоматизировать процесс расстановки электропотребителей по участкам;
- осуществлять автоматизированный подбор и проверку электрооборудования участка;
- осуществлять расчёт электроснабжения участков.

АС РЭС должна функционировать в следующих режимах:

- информационном, при котором средства вычислительной техники осуществляют хранение и представление информации по запросу, а также вывод результатов расчётов на печать;

- в оперативно-расчётном, при котором средства вычислительной техники в диалоговом режиме выполняют задачи автоматизированного выбора и расчёта схем электроснабжения с сохранением входных, выходных и промежуточных результатов.

Алгоритм расчёта/корректировки электроснабжения добычного участка имеет сложную структуру, состоящую из циклических и разветвлённых участков, и в упрощённом виде представлен на рис. 2.

Расчёт электроснабжения начинается с формы выбора участка, на которой сотрудник отдела главного энергетика может:

- создавать участок и дату расчёта для расчёта электроснабжения;
- создавать новые (по дате) расчёты для существующих участков с учётом изменения схемы расстановки технологического и/или электрического оборудования;
- корректировать результаты предыдущих расчётов для выбранного участка и варианта расчёта;
- просматривать результаты расчётов;
- удалять расчёт схемы электроснабжения с фиксированной датой;
- удалять информацию о технологическом участке с фиксированной датой.

После выбора участка и даты расчёта происходит выбор электропотребителей участка из существующей базы данных, здесь же можно провести, если это необходимо, замену электродвигателя электропотребителя участка, а также просмотреть характеристики электропотребителей и установленных электродвигателей.

На следующем шаге по сформированной нагрузке рассчитывается нагрузка на трансформаторную подстанцию. Если в результате расчёта выбрано две и более трансформаторных подстанций, то происходит расстановка электропотребителей по трансформаторным подстанциям с учётом мощности и напряжения. После расстановки электропотребителей проверяется нагрузка на трансформаторную подстанцию.

Затем согласно технологической схеме расстановки оборудования вводятся длины кабелей, и согласно алгоритму проводятся расчёт и проверка кабельной сети. Сотрудник отдела главного энергетика может провести замену кабеля из базы данных с последующей проверкой критериев его работоспособности.

На следующем шаге проводится выбор аппаратуры управления и защиты. В системе должна быть предусмотрена возможность замены сотрудником отдела главного энергетика выбранной системой пускателей, автоматических вы-

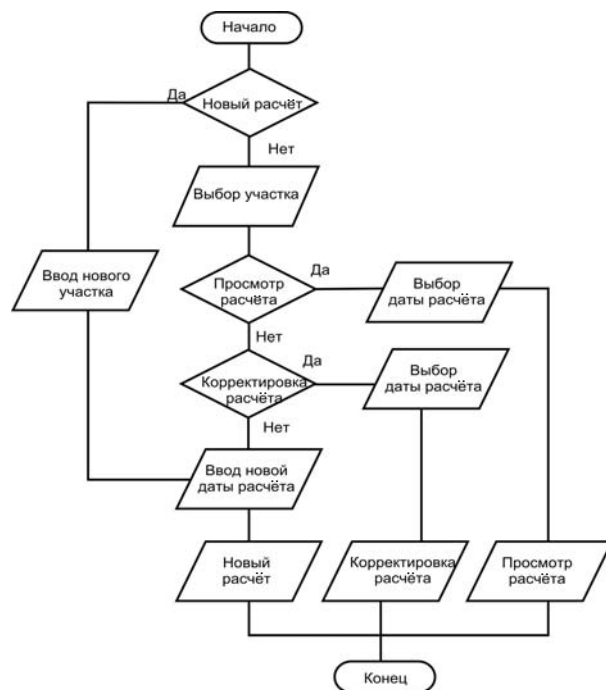


Рис. 2. Алгоритм работы программного обеспечения по расчёту электроснабжения участка угольной шахты

ключателей, уставок из справочников базы данных с последующей проверкой критериев их эксплуатации в схеме электроснабжения добычного участка (рис. 3).

Итоговая форма должна позволять просмотреть весь список электропотребителей, выбранные понизительные подстанции, кабельную сеть, аппаратуру управления и защиты на одной общей форме. Помимо вывода на экран по результатам расчёта должен формироваться выходной документ с основными расчётными таблицами и схемой электроснабжения участка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эффективная работа угольной шахты во многом зависит от работы систем электроснабжения добычных участков, структура которых изменяется в процессе выемки шахтного поля, и от схемы размещения технологического оборудования. Каждое изменение требует проведения и документирования новых расчётов. Расчёт и перерасчёт схемы электроснабжения является трудоёмкой многовариантной задачей, поэтому создание и внедрение автоматизированной системы расчёта электроснабжения добычных участков угольных шахт уменьшат вероятность возможных ошибок при расчёте и пересчёте схем электроснабжения, позволит улучшить показатели качества работы систем электроснабжения добычных участков, повысят эффективность и надёжность эксплуатации электрооборудования электротехнических комплексов угольных шахт.

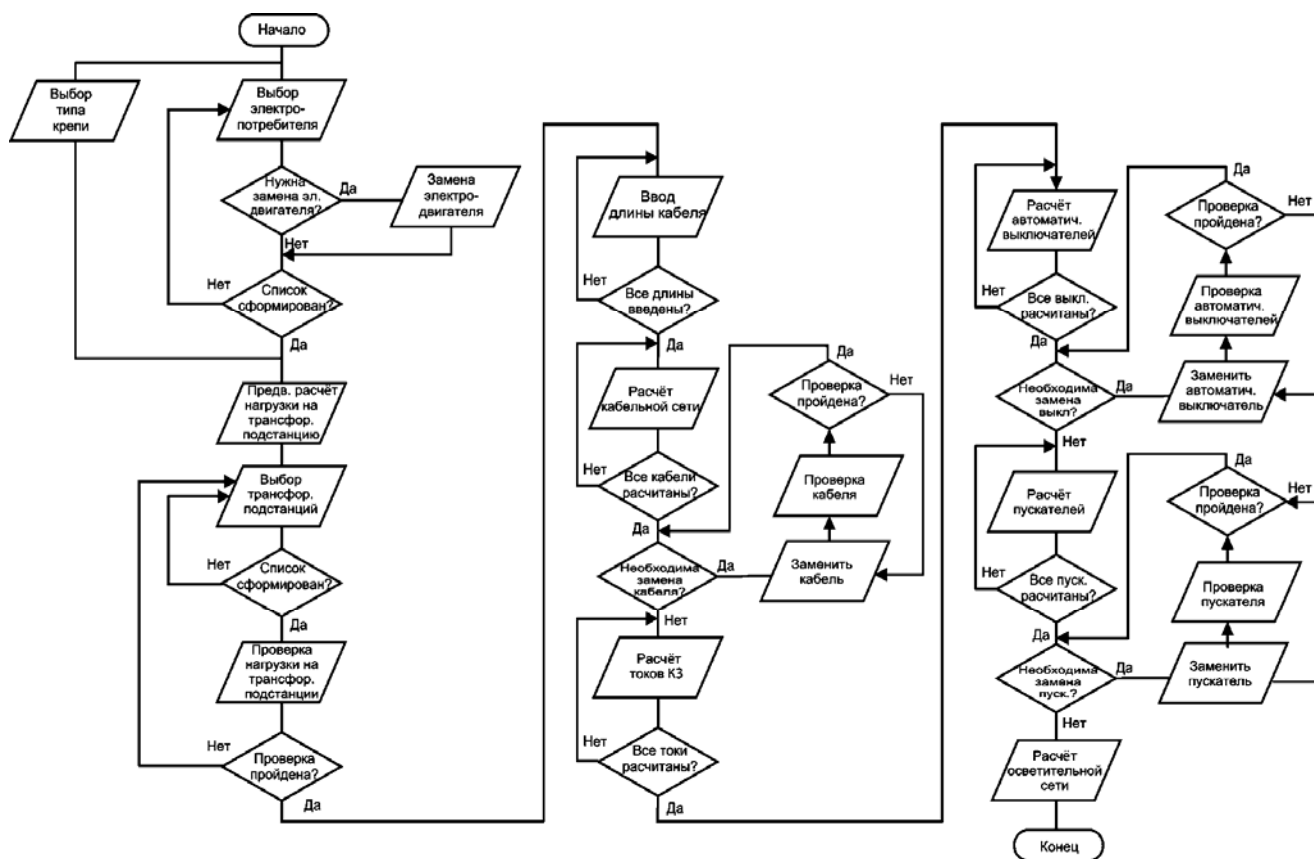


Рис. 3. Алгоритм расчёта/корректировки электроснабжения добычного участка

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **О программах** расчёта и проектирования систем электроснабжения зданий. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ielectro.ru/news48286/index.html>
2. **Электрооборудование** и электроснабжение участка шахты: Справочник / Р.Г. Беккер, В.В. Дегтярев и др. М.: Недра, 1983. 503 с.
3. **Дзюбан В.С., Риман Я.С., Маслий А.К.** Справочник энергетика угольной шахты. М.: Недра, 1983. 542 с.
4. **Правила безопасности** в угольных шахтах (ПОТ РК 0-028-99). [Электронный ресурс]. URL: http://adilet.zan.kz/rus/docs/V000001301_
5. **Правила** технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт. М., Недра, 2000. 320 с.

G.I. Parshina, B.N. Feshin

pgalina05@mail.ru

Karaganda State Technical University, Karaganda

AUTOMATED SYSTEM OF CALCULATION OF POWER SUPPLY CIRCUITS OF MINING DEPARTMENTS OF MINES

SUMMARY

The report is devoted to the peculiarities of the development and implementation of the automated calculation of power supply circuits of mining departments of mines. The information system structure is offered. The algorithm and the order of the automated system for power supply calculating are considered.

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЁТ ЖАРОТРУБНОГО КОТЛА

АННОТАЦИЯ

В работе описаны основные методики расчёта жаротрубных котлов. Проведён анализ результатов расчёта по различным методикам с экспериментальными данными. Даны рекомендации по тепловому расчёту жаротрубных котлов.

ВВЕДЕНИЕ

Жаротрубный котёл является разновидностью газотрубного котла. В нём продукты сгорания движутся внутри металлических трубок, которые располагаются в водяном объёме цилиндрического корпуса.

На фронтальной части котла, как правило, устанавливают дверцу с отверстием для горелочно-го устройства, работающего на газообразном и жидком топливе. Основное горение топлива происходит непосредственно в объёме жаровой трубы. Продукты сгорания, проходя через пучок дымогарных труб, отдают своё тепло теплоносителю. По количеству поверхностей теплообмена жаротрубные котлы подразделяют на двухходовые и трёхходовые котлы.

Отличительной особенностью данных котлов является небольшие геометрические характеристики топочной камеры, вследствие чего возникают большие температурные напряжения в топке, что в конечном итоге может привести к авариям и выходу котла из строя.

Это обосновано, во-первых, их меньшей стоимостью по сравнению с водотрубными котлами, вытекающей из своеобразия топочного режима (компактная радиационно-конвективная топка с высоким показателем теплонапряжения и, как следствие, высокой эмиссией NO_x [1]), во-вторых, более высоким значением КПД (92—93 % при мощности 1—4 МВт), в-третьих, большей степенью автоматизации, ремонтпригодностью и меньшей металлоёмкостью [2].

1. ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель проекта заключается в исследовании тепловых процессов в жаротрубных котлах и способах их расчёта. Достижение цели определялось выполнением ряда задач:

- определения объекта исследования для сравнения результатов расчёта с режимом работы реального объекта;
- поиска, анализа современной научно-технической литературы по данной тематике;
- расчёта и анализа полученных результатов жаротрубного котла с использованием различных методик;

- разработки основных рекомендаций численного расчёта процесса горения в жаротрубных котлах с учётом многофакторного влияния различных характеристик.

2. ОПИСАНИЕ КОТЛА СТАВАН-250

В качестве объекта исследования был выбран котёл СТАВАН-250, на который был получен протокол теплотехнических испытаний.

Водогрейный жаротрубный котёл СТАВАН-250 предназначен для отопления жилых и производственных зданий (рис. 1). Максимальная температура на выходе из котла не более 115°C . Рабочее давление составляет 5 атм. В специальном фундаменте не нуждается.

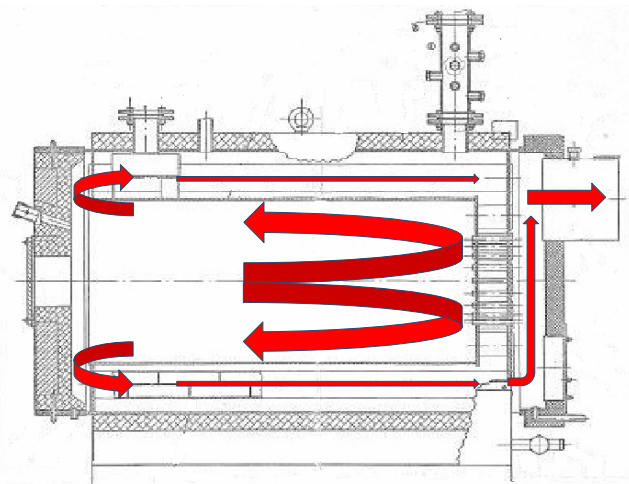


Рис. 1. Схема движения продуктов сгорания в котле

Котёл поставляется единым блоком в обмуровке и обшивке с блочной горелкой, автоматикой, арматурой и приборами контроля. Топливо — природный газ, дизтопливо. Для большинства котлов это двухходовая схема с реверсивной топкой. Топка расположена строго соосно с корпусом котла и имеет длину 1142 мм. Продукты сгорания достигают плоского дна топки, разворачиваются и по периферии поступают к передней крышке котла. Далее, дымовые газы разворачиваются на 180° и поступают в конвективный газоход — в дымогарные трубы второго хода. Пройдя второй ход, газы поступают в сборный дымовой короб и оттуда — в газоход и дымовую трубу.

Расположение дымогарных труб выполнено симметрично по отношению к оси котла. Диаметр дымогарных труб составляет 78 мм, количество — 18 шт. Дымогарные трубы изготавливаются с турбулизаторами для интенсификации тепло-

обмена и располагаются по окружности симметрично к оси котла. Передняя дверка (крышка), на которой крепится блочная горелка, по желанию заказчика может открываться в левую или правую сторону. Крышка крепится к топке откидными болтами.

Жаровая труба и дымогарные трубы в местах прохода через переднюю и заднюю стенки имеют сварные соединения.

3. ОПИСАНИЕ МЕТОДИК ТЕПЛООВОГО РАСЧЁТА ЖАРОТРУБНОГО КОТЛА

На данный момент не существует единой нормативной методики по тепловому расчёту жаротрубных котлов, учитывающей все физические процессы, происходящие в жаротрубном котле. Для оценки применимости различных методик необходимо сравнить результаты расчётов экспериментальными данными. В работе приводится сравнение различных методик теплового расчёта жаротрубного котла.

В качестве первой расчётной методики была использована методика теплового расчёта водотрубных котлов [3]. При первом рассмотрении можно сделать вывод, что использовать нормы для расчёта жаротрубных котлов можно с ограничениями. Это связано с конструкторскими особенностями котлов и условиями работы топок.

При расчёте температуры на выходе из топки применяется формула (см. п. 6.25, в [3]), которая учитывает связь безразмерной температуры газов на выходе из топки с критерием Больцмана, степенью черноты топки и параметром горения M . Исходной для расчёта является формула

$$\theta_T'' = \frac{Bo^{0,6}}{M\alpha_T^{0,6} + Bo^{0,6}},$$

где Bo — число Больцмана; α_T — степень черноты топки; M — параметр горения, учитывающий характер распределения температуры по высоте топки.

Параметр горения M , показывающий максимальный уровень горения в топке соответственно формуле (см. п. 6.26, в [3]) при сжигании газа и мазута, рассчитывается по формуле

$$M = 0,54 - 0,2x_T,$$

где x_T — величина, характеризующая максимум температуры факела, которая рассчитывается по формуле (см. п. 6.14, в [3])

$$x_T = x_T + \Delta x,$$

где $x_T = \frac{h_T}{H_T}$, $\Delta x = 0,15$ для сжигания газа [3]. В

качестве высоты топки в жаротрубном котле можно задаться её длиной, однако высота расположения горелок в таких котлах равно нулю.

Вследствие этого величина, характеризующая максимум температуры факела, равна

$$x_T = 0 + 0,05 = 0,15.$$

Параметр M в свою очередь становится равным

$$M = 0,54 - 0,2x_T = 0,54 - 0,2 \cdot 0,15 = 0,51.$$

Независимо от расчётного параметра M максимальное значение M , согласно п. 6.14 в [3], следует принимать не выше 0,5.

Коэффициент, учитывающий загрязнение экранов для газообразного топлива, согласно п. 5.11 в [3] для газообразного топлива следует принимать 0,65. Угловой коэффициент экранов равен 1 [3], так как площадь лучевоспринимающей поверхности нагрева и площадь стен топки равны. Как показывает опыт работы жаротрубных котлов, загрязнения при длительной работе котлов не обнаружено [2, 4]. Расчёт проводился на несколько вариантов коэффициента, учитывающего загрязнение экранов в пределах от 0,65 до 0,95.

Следующая из рассматриваемых методик [5] представляет из себя рекомендации по проектированию жаротрубных — дымогарных котлов.

В данной методике при тепловом расчёте топки помимо лучистого тепловосприятия учитывается тепло, переданное за счёт конвекции [5]. Это особо характерно для реверсивной топки. Суммарное тепло, воспринятое жаровой трубой:

$$Q_T = Q_L + Q_K,$$

где Q_L — лучистое тепло, воспринятое топкой, ккал/м³; Q_K — конвективное тепло, воспринятое топочной камерой, ккал/м³.

Лучистое тепло, воспринятое топкой, рассчитывается по уравнению Стефана—Больцмана:

$$Q_L = \sigma_0 \frac{\alpha_T H_L}{B} (T_\Phi^4 - T_3^4),$$

где σ_0 — коэффициент излучения абсолютно черного тела $5,67 \cdot 10^{-11}$ кВт/(м²К⁴); α_T — приведённая степень черноты топки; H_L — лучевоспринимающая поверхность стен топки (для жаровой трубы равна площади всех стен топки), м²; эффективная температура среды [п. 2], К; T_3 — температура наружного слоя лучевоспринимающей поверхности [5], определяется как средняя температура среды, К; B — расход топлива, т/ч.

Тепло, воспринятое за счёт конвекции от продуктов сгорания в топке, рассчитывается по формуле

$$Q_K = \frac{\alpha_T^K H (T_\Phi - T_3)}{B},$$

где H — поверхность нагрева топочной камеры, м; α_T^K — коэффициент теплоотдачи конвекцией,

Вт/(м²·К), определяется по формуле для продольного течения газов внутри трубы:

$$\alpha_T^k = 0,023 \frac{\lambda}{D_T} \text{Re}^{0,8} \text{Pr}^{0,4},$$

где Re — число Рейнольдса; Pr — критерий Прандля; D_T — диаметр жаровой трубы, м; λ — коэффициент теплопроводности продуктов сгорания, Вт/(м·К). В данной формуле диаметр принимается равным внутреннему диаметру жаровой трубы.

В топке жарового котла с реверсивной топкой продукты сгорания движутся по сечению не равномерно. Поэтому в первом приближении авторы рекомендуют для расчёта конвективной составляющей теплообмена использовать скорость газов и проходное сечение, определённые по эквивалентному диаметру:

$$D_{\text{эkv}} = \sqrt{(D_{\text{жт}}^2 - D_{\text{фак}}^2)},$$

где $D_{\text{жт}}$ — диаметр жаровой трубы, м; $D_{\text{фак}}$ — диаметр раскрытия факела, м.

При расчёте поворотной камеры не учитывается конвективная составляющая теплообмена, а учитывается только лучистое тепло, которое рассчитывается по формуле

$$Q_{\text{п}} = \frac{\alpha_{\text{л}}(v_{\text{ср}} - t_3)H_{\text{п}}}{B},$$

где $\alpha_{\text{л}}$ — коэффициент теплоотдачи излучением, Вт/(м²·К); $v_{\text{ср}}$ — средняя температура дымовых газов, К; t_3 — температура загрязненной стенки, К; $H_{\text{п}}$ — поверхность нагрева поворотной камеры, м. Расчёт ведётся итерационно, с предварительным заданием температуры на выходе из поворотной камеры и с последующим уточнением значения.

Расчёт уравнения теплопередачи конвективного пучка дымогарных труб ведётся по формуле

$$Q_T = \frac{\kappa \Delta t H}{B},$$

где Δt — температурный напор, К; H — поверхность нагрева дымогарных труб, м²; κ — коэффициент теплопередачи от дымовых газов к воде, Вт/(м²·К); B — расход топлива, т/ч.

Расчёт коэффициента теплопередачи рассчитывается как

$$\kappa = \psi(\alpha_{\text{к}} + \alpha_{\text{л}}),$$

где $\alpha_{\text{л}}$ — коэффициент теплоотдачи излучением, Вт/(м²·К); $\alpha_{\text{к}}$ — коэффициент теплоотдачи конвекцией, Вт/(м²·К).

Многие отечественные производители имеют партнерские отношения с крупными производи-

телями горелочных устройств. Те в свою очередь предоставляют для каждого типа горелочных устройств диаграмму зависимости размеров камеры сгорания и геометрии факела от мощности горелки.

Таким образом, тепловой расчёт топки сводится к правильному определению рекомендуемых параметров геометрии топки в зависимости от типа горелочного устройства. После определения геометрических параметров камеры сгорания по соответствующим диаграммам, осуществляется расчёт конвективной поверхности нагрева. Её добивают из условий 1 м² на 30 кВт мощности котла, данное условие зависит от вида сжигаемого топлива, наличия турбулизаторов в дымогарных трубах, мощности котла и находится экспериментально. В итоге с помощью полученного значения конвективной поверхности находят количество и диаметр дымогарных труб, с последующим уточнением исходя из аэродинамического и прочностного расчётов.

Плюсом данного способа является отработанная схема проектирования жаротрубных котлов, однако не всегда получается достичь гарантированных параметров. В данном случае происходит жёсткая привязанность жаротрубного котла к производителю горелочного устройства, что не позволяет использовать горелки стороннего производителя или производить котлы новой модификации.

4. СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЁТНЫХ МЕТОДИК

Расчёт проводился для трёх режимов работы котла. Конструктивные характеристики котла СТАВАН-250 и протоколы испытаний были предоставлены ОАО «ЗиО».

Результаты расчёта дымогарного котла по НТР [3] представлены в табл. 1. Во время исследования варьировались коэффициенты тепловой эффективности ψ [0,55—0,95] и параметр горения M [0,32—0,5]. Результаты расчётов при параметре горения $M = 0,5$ представлены в табл. 2.

Таблица 1

Мощность	100	70	47
Температура на выходе из топки (эксперимент), °С	782	701	521
Температура на выходе из топки, расчёт по $D_{\text{жт}}$, °С	940	767	613
Температура на выходе из топки, расчёт по $D_{\text{эkv}}$, °С	823	705	516
Погрешность расчёта, %	4,9	0,5	0,9

Максимальное снижение температуры на выходе из топки происходит при $M = 0,5$ и $\psi = 0,95$. Однако величина температуры на выходе из топки, определённая во время испытаний, на 240 °С меньше расчётной. Это связано с присутствием конвективной составляющей в теплообмене, что не учитывается в [3].

Таблица 2

Мощность	100	70	47
Температура на выходе из топки (эксперимент), °С	782	701	521
Температура на выходе из топки при $\psi = 0,55$, °С	1077	990	822
Температура на выходе из топки при $\psi = 0,65$, °С	1058	971	804
Температура на выходе из топки при $\psi = 0,75$, °С	1044	957	789
Температура на выходе из топки при $\psi = 0,85$, °С	1032	945	778
Температура на выходе из топки при $\psi = 0,95$, °С	1023	936	768

Для расчёта конвективной составляющей теплообмена были применены зависимости, рассмотренные во второй методике [5]. Диаметр факела выбирался по диаграмме для горелочного устройства эквивалентной мощности котла. Результаты расчёта представлены в табл. 2.

Как показали результаты расчёта, погрешность при расчёте температуры на выходе из топки составила не более 5 %, в то же время конвективное тепловосприятие даёт существенный вклад в теплообмен и составляет около 20 %, что в пересчёте на температуру на выходе из топке составляет более 200 °С.

Предварительный расчёт коэффициента теплоотдачи дымогарных труб проводился по нескольким формулам, однако наилучший результат показал расчёт с использованием формулы Петухова [7], реализованной в программе Boiler Designer [8]:

$$Nu = \frac{\xi Re Pr}{8 \left[1 + \frac{900}{Re} + 12,7 \sqrt{\frac{\xi}{8}} \left(\frac{2}{Pr^3} - 1 \right) \right]},$$

где ξ — коэффициент трения, который определяется по формуле

$$\xi = \left(0,791 \ln \left(\frac{Re}{8} \right) \right)^{-2}.$$

Для улучшения теплообмена в дымогарные трубы устанавливаются турбулизаторы различных форм и размеров. Их наличие усложняют протекание теплообмена. Большинство производителей жаротрубных котлов имеют собственные методики их расчёта, которые являются закрытыми и недоступными для открытого пользования.

При наличии турбулизаторов в дымогарных трубах температура уходящих газов снижается в среднем на 150 °С [6, 7]. Сведение теплового баланса в поверхности с турбулизаторами в расчёте происходило при помощи изменения коэффициента тепловой эффективности, что часто встречается при расчёте оребренных поверхностей в котлах-утилизаторах [9]. В результате требуемого

восприятия теплоты удалось достигнуть при величине коэффициента тепловой эффективности в 1,1. В табл. 3 представлены результаты расчёта конвективной части.

Таблица 3

Мощность	100	70	47
Тепловосприятие по балансу, ккал/м ³	2272	1919	1377
Тепло воспринятое поверхностью, ккал/м ³	2208	1795	1254
Погрешность расчёта, %	2,71	6,43	6

Погрешность расчёта между балансовым тепловосприятием конвективной части и теплом воспринятым поверхностью составило не более 6,5 %.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При расчёте температуры продуктов сгорания на выходе из топки только с учётом радиационной составляющей теплообмена [3] разница по тепловосприятию по сравнению с экспериментом составила около 20 %. Это связано с отличиями физических процессов, протекающих в топках жаротрубных и водотрубных котлов.

Вторая методика более точно описывает теплообмен в жаротрубном котле, но она не включает в себя различные особенности жаротрубных котлов, в том числе устройство реверсивной топки. В таких котлах проходное сечение для прохода продуктов сгорания, участвующих в конвективном теплообмене, меньше, а скорость их больше по сравнению с традиционной топкой. Вследствие этого возрастает конвективная составляющая теплообмена на 18 %.

В итоге с учётом всей изложенной информации можно сформировать ряд требований и ограничений по расчёту жаротрубных дымогарных котлов с реверсивной топкой.

1. Радиационный теплообмен считается в соответствии с НТР [3]. Коэффициент тепловой эффективности экранов топки следует принимать в диапазоне от 0,9—0,95. [2], а параметр горения, учитывающий характер распределения температуры по высоте топки, принимать максимальным, равным 0,5.

2. Расчёт конвективной составляющей теплообмена в топке необходимо выполнять с учётом реального проходного сечения для прохода продуктов сгорания

3. Расчёт дымогарных труб можно выполнять при помощи формулы Петухова [7, 8]. При использовании дополнительных турбулизаторов потока можно увеличивать коэффициент тепловой эффективности до 1,1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Росляков П.В., Плешанов К.А., Ионкин И.Л. Оптимальные условия для сжигания топлива с контролируемым химическим недожогом // Теплоэнергетика. 2010. № 4. С. 17—22.

2. **Хаустов С.А., Заворин А.С.** Современные тенденции проектирования жаротрубных котлов // Вестник науки Сибири. 2014. № 2 (12). С. 21—28.
3. **Тепловой расчёт котельных агрегатов (Нормативный метод)** / под ред. Н.В. Кузнецова и др. М.: Энергия, 1973.
4. **Сафьянц С.М., Боец Ю.А., Сафьянц А.С.** Анализ особенностей теплоотдачи в жаротрубных котлах малой мощности // Наукові праці ДонНТУ. Металургія. 2010. № 12. С. 213—221.
5. **Расчёт жаротрубно-дымогарного котла** / под ред. А.П. Лумми, В.А. Мунц. ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2009. 31 с.
6. **Верес А.А., Сапунов О.Г.** О расчёте теплообмена в топках жаротрубных паровых и водогрейных котлов // Энергосбережение и водоподготовка. 2011. № 5. С. 58—60.
7. **Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С.** Теплопередача. М. – Л.: Энергия, 1965. 424 с.
8. **Супранов В.М., Изюмов М.А.** Использование программы «Boiler Designer» в учебном процессе на кафедре парогенераторостроения «МЭИ» // Труды Международной научно-практической конференции «Boiler Designer-2014». 2014. С. 67—76.
9. **Плешанов К.А., Стерхов К.В., Зайченко М.Н.** Расчёт динамических характеристик котла-утилизатора Новогорьковской ТЭЦ // Электрические станции. 2015. № 4. С. 10—15.

K.A. Pleshanov, G.V. Palagin

PleshanovKA@mpei.ru; gpalagin@bio-energo.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

GAS — TUBE BOILER THERMAL ANALYSIS

SUMMARY

This document describes the basic methods of gas-tube boiler thermal analysis. The results' analysis is based on various approaches with experimental data. Recommendations on gas-tube boilers thermal analysis are provided.

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОТЛОВ С КИПАЩИМ СЛОЕМ ДЛЯ СЖИГАНИЯ КОРО-ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

АННОТАЦИЯ

В работе представлены энергетические котлы для сжигания коро-древесных отходов. Дано краткое описание котлов, приведено сравнение основных характеристики с котлами, осуществляющими факельное сжигание топлива.

ВВЕДЕНИЕ

Энергетическая стратегия России на период до 2035 года [1] предусматривает сокращение потребления привозных энергетических ресурсов и обеспечение независимости энергоснабжения регионов за счёт использования местных источников топлива. К ним относится биотопливо [2], в том числе коро-древесные отходы (КДО). Они широко распространены в России и имеют низкую стоимость. Целесообразность их использования подтверждается широким использованием коро-древесных отходов в энергетических масштабах в северных странах Европейского Союза.

В настоящее время в России котлы, сжигающие КДО, имеют низкую мощность, КПД около 85 % и устанавливаются на котельных малой мощности. Поэтому разработка высокоэффективных паровых и водогрейных энергетических котлов для ТЭС является актуальной задачей.

1. ХАРАКТЕРИСТИКИ КДО КАК ТОПЛИВА И ТЕХНОЛОГИЯ ИХ СЖИГАНИЯ

Коро-древесные отходы — это побочные продукты производства деревообрабатывающих предприятий, не участвующие в выработке основной продукции. В основном КДО состоит из измельченной древесины и (в малой части) измельченной коры.

Расчётный состав КДО, сжигаемых в котлах, был взят в соответствии с [3]. Характеристики рабочей массы топлива: влажность $W = 53$ %, концентрация углерода $C = 22,24$ %, концентрация кислорода $O = 18,57$ %, концентрация водорода $H = 2,86$ %, зольность $A = 2,35$ %, концентрация азота и хлора в сумме $N + Cl = 0,96$ %, концентрация серы $S = 0,02$ %. Сезонные колебания влажности КДО составляют от 40 до 60 %. Низшая теплота сгорания КДО составляет 19—20 МДж/кг [3].

Для сжигания КДО в мире широко используется технология сжигания топлива в кипящем слое (КС). Она обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционным факельным сжиганием топлива.

- Размер и влажность кусков топлива не играют существенной роли при воспламенении топлива, поэтому нет необходимости в предварительной сушке и размоле КДО.

- Меньший уровень температур в топке приводит к снижению эмиссии оксидов азота.

- Около 70% слоя по массе составляет инертный материал (песок). Это способствует стабилизации процесса горения топлива.

2. ОПИСАНИЕ КОТЛОВ

Разработка парового и водогрейного котлов для сжигания КДО, была осуществлена при помощи программы Boiler Designer, хорошо зарекомендовавшей себя для проведения тепловых расчётов [4, 5] котлов. Конструкции разработанных котлов представлены на рис. 1, 2.

Параметры назначения парового котла: паропроизводительность — 120 т/ч, давление перегретого пара — 9,8 МПа, температура перегретого пара — 540 °С.

Котел барабанного типа с естественной циркуляцией. Котел П-образной компоновки с уравновешенной тягой.

Топка котла в плане имеет сечение 6,32 x 6,48 м. Поверхность стен топки выполнена из труб $\varnothing 60 \times 3$ с мембранной проставкой 20 мм из стали 20.

Нижняя часть топки покрыта огнеупорной футеровкой для защиты экранов. На котле установлены две растопочные горелки для подогрева материала слоя во время пуска котла.

ТВП одноступенчатый, четырёхходовой, однопоточный. Первичный воздух в объеме 0,6 от теоретически необходимого подаётся в слой через воздухораспределительную решётку. Вторичный воздух подаётся через сопла в надслоевое пространство.

Продукты сгорания после топки омывают ширмы, расположенные по последовательно-параллельной схеме. После этого они омывают последовательно-параллельный горячий конвективный пакет, холодный конвективный пакет (ХКП), фестон, ХКП2, расположенные в соединительном газоходе. Далее продукты сгорания поворачивают на 90°, проходят ХКП1, экономайзер с продольным мембранным оребрением и ТВП, расположенные в опускной конвективной шахте.

Для регулирования температуры перегретого пара используется впрыск собственного конденсата в размере 2 т/ч.

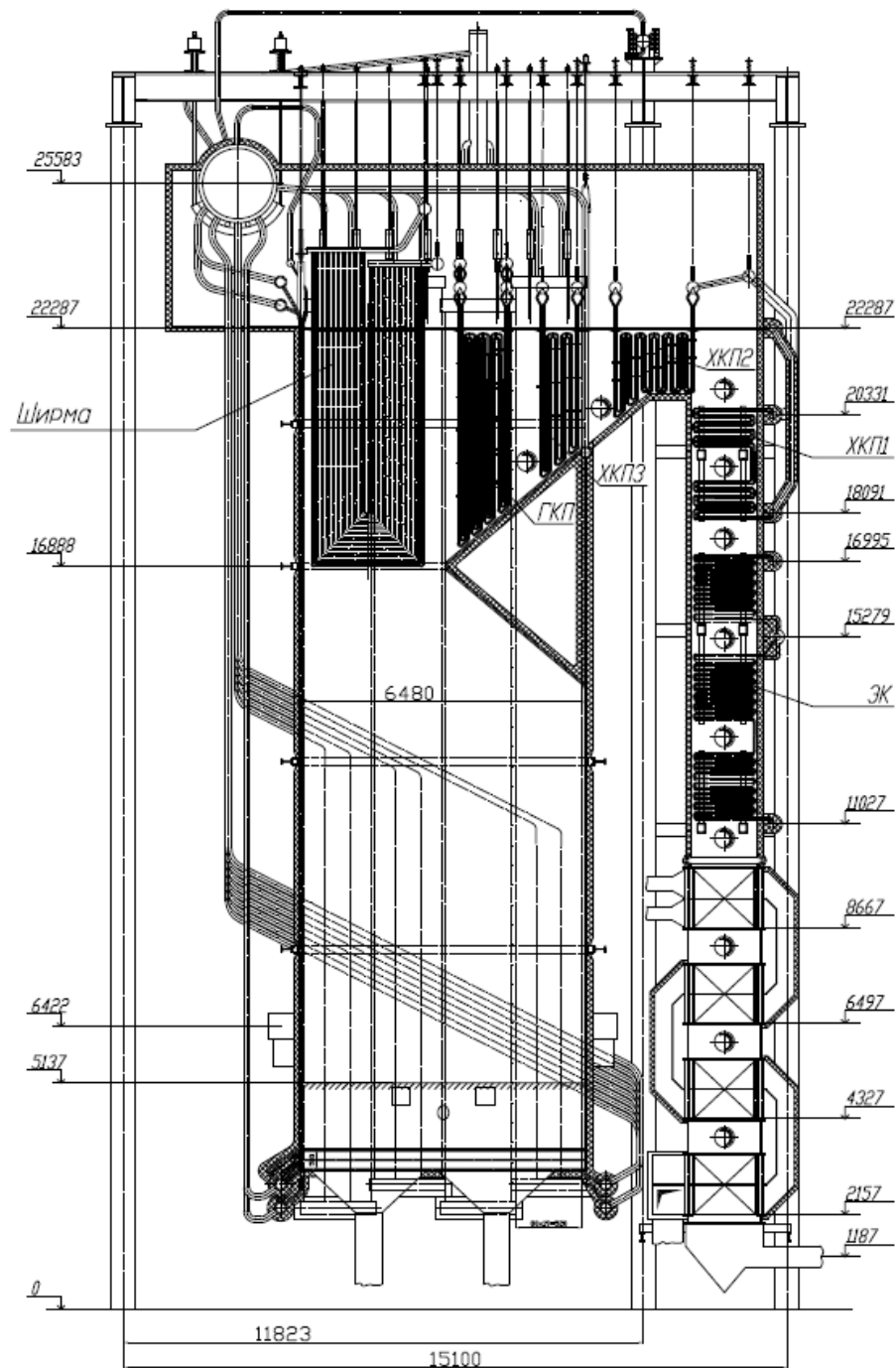


Рис. 1. Продольный разрез парового котла

Параметры назначения водогрейного котла: производительность котла — 1235 т/ч, давление воды в контуре — 1,6 МПа, тепловая производительность — 100 Гкал/ч, температура воды на входе/выходе из котла — 70/150 °С.

Котел КВ-Ф-116-150 устанавливается в качестве источника теплоснабжения, предназначен для покрытия пиковых и основных нагрузок в системах централизованного теплоснабжения. Котел водотрубный с принудительной циркуляцией рабочего тела. Имеет башенную компоновку и работает с уравновешенной тягой. Газоход котла после ширмовой поверхности нагрева име-

ет сужение для повышения скорости протекающих продуктов сгорания.

Вода в два потока поступает снизу в экраны топочной камеры. Первый поток — фронтальный и задний экран топки, второй — боковые стены топки. Количество среды, идущей в потоках, различно. Вода после прохождения боковых экранов топки поступает в ширмовую поверхность нагрева. Ширмовая поверхность нагрева не имеет коллекторов и запитывается из труб топки. После топки потоки воды смешиваются перед сужающимся газоходом. После смешения вода проходит фронтальный и задний экраны газохода снизу

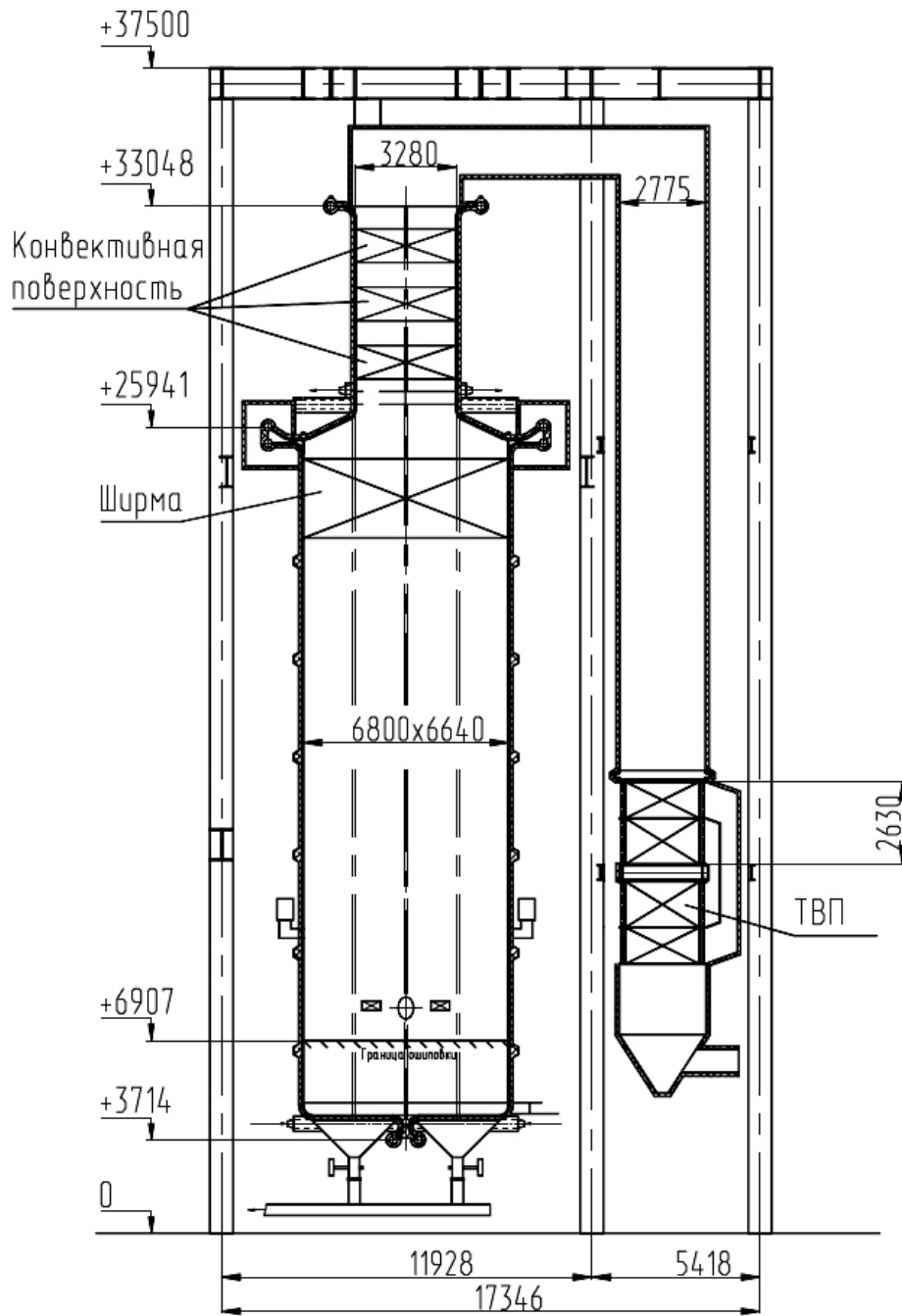


Рис. 2. Продольный эскиз водогрейного котла

вверх. Затем она перебрасывается в боковые экраны газохода и противотоком проходит их и три конвективных поверхности. Конвективные пакеты включаются без коллекторов в боковые экраны газохода, включение встречное. После прохождения конвективных пакетов и части экранов суженного газохода среда с температурой 150 °С поступает к потребителю. Регулирование температуры воды осуществляется при помощи байпаса среды.

Котёл, сжигающий КДО в режиме кипящего слоя, имеет ряд особенностей.

Допустимая температура на выходе из топки равняется 1000 °С. Подобная величина характерна для шлакующего топлива [6].

Это вызвано обеспечением бесшлаковочного режима работы поверхностей нагрева, расположенных за топочной камерой.

Горение КДО достаточно хорошо протекает при температуре горячего воздуха на уровне 200—250 °С. Для сжигания торфа необходимо иметь температуру горячего воздуха 300—400 °С. Для подобного подогрева воздуха необходимо иметь две ступени воздухоподогревателя (ВП). Масса ВП в котлах с КС будет в 3—5 раз меньше.

КДО обладают высоким выходом летучих — $V^{daf} = 85\%$. В разработанных котлах хорошее перемешивание топлива с воздухом позволяет снизить коэффициент избытка воздуха на выходе из топки до 1,15. При этом потеря теплоты с механическим недожогом из опыта эксплуатации для подобных котлов составляет $q_4 = 1\%$. Для котла, сжигающего торф, сланцы или бурый уголь [7, 8] (наиболее близкое по характеристикам топливо) коэффициент избытка воздуха на выходе из топки равен 1,2, а потеря теплоты с механическим недожогом составляет $q_4 = 0,5\%$ [9]. При одинаковых условиях коэффициент избытка воздуха в уходящих газах котла с КС за счёт применения одноступенчатого воздухоподогревателя будет меньше на 0,8. В результате величины КПД, сжигающих КДО в режиме КС и торф в факеле, будут практически одинаковы. Это подтверждает перспективность использования разработанных котлов на ТЭС.

Технология КС основана на создании псевдооживленного слоя. Для создания псевдооживления первичному воздуху необходимо преодолевать сопротивление ВП, сопротивление воздухораспределительной решётки и сопротивление самого слоя, тем самым, воздух, подаваемый под решётку, должен быть подан в котел с большим давлением. Для обеспечения материального баланса слоя вторичный воздух необходимо подавать в надслоевое пространство. Основное сопротивление вторичного воздуха преодолевается только в ВП. Необходимости в высоком давлении вторичного воздуха нет. В связи с этим в котельной установке используются два дутьевых вентилятора, и потоки воздуха движутся в ВП не перемешиваясь.

Высокая влажность топлива и высокая температура уходящих газов за ВП являются хорошей предпосылкой для установки конденсационного теплоутилизатора. По проведенному анализу это позволит повысить коэффициент использования топлива на 15—25% [10].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сжигание коро-древесных отходов в котле с кипящим слоем является перспективной технологией для получения тепловой и электрической энергии

K.A. Pleshanov, E.G. Khlyst, R.S. Maslov

pleshanovka@mpei.ru; katya.hlyst@gmail.com; rsmaslov@mail.ru
National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

DEVELOPMENT OF NEW POWER BUBBLING FLUIDIZED BED BOILERS FOR WOOD WASTE COMBUSTING

SUMMARY

The paper presents power wood waste boilers. They provided boilers short description and comparison with pulverized boilers characteristic.

на ТЭС. КПД котла, реализующего технологию КС, не уступает котлу, сжигающему топливо в факеле.

Приведены основные характеристики работы топки котла с КС. Коэффициент избытка воздуха на выходе из топки 1,15, величина потерь тепла с механическим недожогом топлива 1%, температура на выходе из топки 1000 °С. Дано описание котлов и особенностей их работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Энергетическая** стратегия России на период до 2035 года. Проект. <http://www.minenergo.gov.ru/upload/iblock/621/621d81f0fb5a11919f912bfafeb3248d6.pdf>.
2. **Паровой** и водогрейный котлы с кипящим слоем / А.В. Рагуткин, К.А. Плешанов, М.Н. Зайченко и др. // Научные труды SWorld. Вып. 3 (40). Т. 5. Иваново: Научный мир, 2015. С. 81—91.
3. **Справочник** потребителя биотоплива / под ред. Виллу Вареса. Таллинн: Изд-во Таллиннского технического университета, 2005.
4. **Супранов В.М., Изюмов М.А.** Использование программы «Boiler Designer» в учебном процессе на кафедре парогенераторостроения МЭИ // Труды Международной научно-практической конференции «Boiler Designer-2014». 2014. С. 67—76.
5. **Плешанов К.А., Стерхов К.В., Зайченко М.Н.** Расчёт динамических характеристик котла-утилизатора Новогорьковской ТЭЦ // Электрические станции. 2015. № 4. С. 10—15.
6. **Методические** указания по проектированию топочных устройств энергетических котлов / под ред. Э.Х. Вербовецкого и Н.С. Жмерика. СПб.: Изд-во НПО ЦКТИ, 1996.
7. **Исследование** возможности перевода котлов ТП-92 Яйвинской ГРЭС на непроектные виды углей / М.А. Изюмов, В.М. Супранов, П.В. Росляков, А.В. Новиков // Теплоэнергетика. 2008. № 9. С. 7—18.
8. **Исследование** возможности раздельного и совместного сжигания эстонских сланцев и ретортного газа на ТЭС / П.В. Росляков, Р. Атикас, М.Н. Зайченко, К.А. Плешанов, И.Л. Ионкин // Теплоэнергетика. 2015. № 10. С. 3—15.
9. **Тепловой** расчёт котельных агрегатов (Нормативный метод) / под ред. Н.В. Кузнецова и др. М.: Энергия, 1973.
10. **Влияние** конденсационного утилизатора на работу паровых и водогрейных газовых котлов / И.Л. Ионкин, А.В. Рагуткин, П.В. Росляков и др. // Теплоэнергетика. 2015. № 5. С. 44—50.

ОЦЕНКА СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ СЕЙСМИЧЕСКОГО УСКОРЕНИЯ ГРУНТА ПО ПРИРОДНЫМ АКСЕЛЕРОГРАММАМ

АННОТАЦИЯ

Цель настоящей статьи состоит в применении двух общих подходов к получению оценок спектральной плотности (периодограммного и коррелограммного) сейсмического ускорения грунта, с уточнением особенностей, присущих дискретным процессам. Поставленная задача актуальна в расчётах на сейсмостойкость. В качестве эффективного способа оценки спектральной плотности рассмотрен метод Уэлча с окнами Хэмминга с иллюстрацией на примере записи природного землетрясения в Бухаресте в 1977 г. Расчёты выполнены с применением ПК MatLab и ПО «Еврософт Одиссей» (ООО Еврософт, Москва, Россия).

ВВЕДЕНИЕ

При применении вероятностного подхода к задачам теории сейсмостойкости строительных сооружений возникает проблема определения состоятельной оценки спектральной плотности сейсмического ускорения грунта. Спектральная плотность необходима для определения несущих частот сейсмического воздействия, модального коэффициента динамичности в линейно-спектральном методе, а также оценки изменчивости сейсмических движений грунта с помощью функции когерентности [1—4].

1. СПОСОБЫ ОЦЕНИВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ

Будем считать акселерограмму $x(t)$ реализацией стационарного эргодического случайного процесса – сейсмического воздействия $X(t)$. Получение состоятельной оценки спектральной плотности такого процесса превращается в самостоятельную задачу. Напомним, что оценка считается состоятельной, если при увеличении интервала измерений T оценка будет сходиться по вероятности к оцениваемой характеристике, т.е.

$$P(|\hat{F} - F| < \delta) = 1 \text{ при } T \rightarrow \infty,$$

где \hat{F} — оценка вероятностной характеристики F , а δ — сколь угодно малое положительное число. Для того чтобы оценка была состоятельной, необходимо и достаточно, чтобы она была несмещённой, т.е. смещение оценки $b(\hat{F})$ должно быть равно нулю:

$$b(\hat{F}) = \langle \hat{F} \rangle - F = \langle \hat{F} - F \rangle = 0,$$

и её дисперсия должна стремиться к нулю при $T \rightarrow \infty$:

$$\langle (\hat{F} - F)^2 \rangle \rightarrow 0.$$

Существуют два метода оценивания спектральной плотности — периодограммный и коррелограммный. В основе первого лежит строгое определение спектральной плотности в виде

$$G_x(f) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{2}{T} \left\langle \left| \int_0^T x(t) e^{-j2\pi f t} dt \right|^2 \right\rangle.$$

Этому определению соответствует оценка, называемая периодограммой или «сырой» спектральной плотностью:

$$\hat{G}_x(f) = \frac{2}{T} \left| \int_0^T x(t) e^{-j2\pi f t} dt \right|^2.$$

Второй метод — коррелограммный, соответствует определению спектральной плотности через функцию корреляции

$$G_x(f) = 4 \int_0^\infty K_x(\tau) \cos(2\pi f \tau) d\tau$$

и оценивается по предварительно полученной коррелограмме $\hat{K}_x(\tau)$:

$$G_x(f) = 4 \int_0^\infty \hat{K}_x(\tau) \cos(2\pi f \tau) d\tau,$$

где $\hat{K}_x(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T x(t)x(t-\tau) dt$.

Оба метода эквивалентны, дают несмещённую оценку спектральной плотности с дисперсией порядка квадрата оцениваемой величины, т.е. со 100%-ной относительной среднеквадратичной ошибкой:

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{\langle (\hat{G}_x(f) - G_x(f))^2 \rangle}}{G_x(f)} \rightarrow 1$$

при $T \rightarrow \infty$.

Обе оценки не позволяют достичь желаемой точности при увеличении интервала измерений T и являются несостоятельными.

Для нахождения состоятельной оценки спектральной плотности мощности оценку усредняют по малому интервалу частот Δf , в пределах которого $G_x(f)$ можно считать постоянной:

$$\hat{G}_x^{\text{сгл}}(f) = \frac{1}{\Delta f} \int_{f-\Delta f/2}^{f+\Delta f/2} \hat{G}_x(f_1) df_1,$$

где
$$\hat{G}_x(f) = \frac{2}{T} \left| \int_0^T x(t) e^{-j2\pi f t} dt \right|^2 \quad (1)$$

при периодограммной оценке или

$$\hat{G}_x(f) = 4 \int_0^T \hat{K}_x(\tau) \cos(2\pi f \tau) d\tau, \quad (2)$$

где $\hat{K}_x(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T x(t)x(t-\tau) dt$ при коррелограммной оценке.

При достаточно большом интервале измерений T эти оценки практически совпадают. Описанная процедура усреднения называется сглаживанием по частотному интервалу.

2. СГЛАЖИВАНИЕ ПЕРИОДОГРАММ ДИСКРЕТНЫХ ПРОЦЕССОВ

Акселерограммы, записанные на сейсмостанциях, представляют собой реализации дискретных случайных процессов, заданные через определённые промежутки времени — отсчёты. Так, длительность реализации T складывается из N интервалов длительностью Δt каждый. Значение времени в начале каждого интервала обозначим $i\Delta t$, номер отсчёта $i=0,1,\dots,N-1$. Дискретный случайный процесс $X(i\Delta t)$ описывается непрерывной случайной функцией дискретного аргумента $i\Delta t$. Спектральная плотность дискретного процесса на частоте f получается при замене интегралов Фурье интегральными суммами или рядами Фурье. Тогда периодограммная оценка спектральной плотности (1) для дискретного процесса равна (с учётом, что $T = N\Delta t$):

$$\begin{aligned} \hat{G}_x(f) &= \frac{2\Delta t}{N} \left| \sum_{i=0}^{N-1} x(i\Delta t) e^{-j2\pi f i\Delta t} \right|^2 = \\ &= 2\Delta t \sum_{h=-N+1}^{N-1} \varphi(h\Delta t) e^{-j2\pi f h\Delta t}, \quad h = i - k. \end{aligned}$$

Здесь

$$\varphi(h\Delta t) = \begin{cases} \left(1 - \frac{h}{N}\right) \frac{1}{(N-h)} \sum_{i=h}^{N-1} x(i\Delta t)x((i-h)\Delta t), & h > 0 \\ \left(1 + \frac{h}{N}\right) \frac{1}{(N+h)} \sum_{i=h}^{N-1} x(i\Delta t)x((i-h)\Delta t), & h < 0 \end{cases}.$$

Для коррелограммного метода получаем дискретный эквивалент оценки (2) в виде ряда

$$\hat{G}_x(f) = 2\Delta t K_x(0) + 4\Delta t \sum_{h=1}^{N-1} \hat{K}_x(h\Delta t) \cos 2\pi f h\Delta t.$$

Эти оценки спектральной плотности, так же, как и их непрерывные аналоги (1) и (2), несостоятельные, т.е. при $N \rightarrow \infty$ их дисперсии не стремятся к нулю. Состоятельные оценки получают при помощи частотного сглаживания [5]:

$$\hat{G}_x^{\text{сгл.}}(f) = \frac{1}{\Delta f} \int_{f-\Delta f/2}^{f+\Delta f/2} \hat{G}_x(f_1) df_1,$$

где
$$\hat{G}_x(f) = \frac{2\Delta t}{N} \left| \sum_{i=0}^{N-1} x(i\Delta t) e^{-j2\pi f i\Delta t} \right|^2$$

при периодограммной оценке или

$$\hat{G}_x(f) = 2\Delta t K_x(0) + 4\Delta t \sum_{h=1}^{N-1} \hat{K}_x(h\Delta t) \cos 2\pi f h\Delta t$$

при коррелограммной оценке.

Процедура сглаживания периодограммы по частоте (так же как и для непрерывных случайных процессов) эквивалентна оконному преобразованию Фурье оценки корреляционной функции:

$$\hat{G}_x^{\text{сгл.}}(f) = \frac{1}{\Delta f} \int_{f-\Delta f/2}^{f+\Delta f/2} \hat{G}_x(f_1) df_1 =$$

$$= \int_0^{\infty} \hat{G}_x(f_1) g(f - f_1, \Delta f) df_1,$$

$$g(f - f_1, \Delta f) = \begin{cases} \frac{1}{\Delta f}, & |f - f_1| \leq \frac{\Delta f}{2}, \\ 0, & |f - f_1| > \frac{\Delta f}{2}. \end{cases}$$

При этом все спектральные составляющие в интервале Δf входят в оценку с весом $\frac{1}{\Delta f}$, а остальные в расчёт не принимаются. Функция g является прямоугольным спектральным окном.

$$\hat{G}_x^{\text{сгл.}}(f) = 4 \int_0^T \hat{K}_x(\tau) \frac{\sin \pi \Delta f \tau}{\pi \Delta f \tau} \cos(2\pi f \tau) d\tau,$$

где функция корреляционного окна равна

$$k(\tau, \Delta f) = \frac{\sin \pi \Delta f \tau}{\pi \Delta f \tau}.$$

Обобщая приведённые выше рассуждения, получают семейство состоятельных оценок спектральной плотности для различных оконных функций — спектральной g и корреляционной k .

Особенность дискретных процессов в том, что оценка корреляции представляют собой дискретные зависимости, которые можно выразить через δ -функции. Известно, что преобразование Фурье импульсной функции даёт периодическую функцию вида $\frac{\sin \pi \Delta f \tau}{\pi \Delta f \tau}$ с периодом повторения $\frac{1}{\Delta t}$.

Она имеет главный максимум и боковые максимумы (так называемые боковые лепестки). При наложении этих лепестков от различных импульсов (из этих импульсов состоит корреляционная функция дискретного процесса) может возникать погрешность многократного наложения высокочастотных составляющих. Этот эффект будет отсутствовать при выборе интервала отсчётов в соответствии с теоремой Котельникова: сигнал,

описываемый функцией с ограниченным спектром, полностью определяется своими значениями, отсчитанными через временной интервал, равный $\Delta t = \frac{1}{2f_B}$, где f_B — самая высокая частота спектра.

Если точки отсчёта расположить чаще, данные будут избыточными и излишне коррелированными. Если точки расположить реже, часть информации пропадёт, и появится эффект наложения высокочастотных составляющих.

Пусть f_B — верхняя граничная частота спектра исследуемого сигнала, для частоты отсчётов выполняется соотношение $f_0 = \frac{1}{\Delta t} = 2f_B$, длительность сигнала $T = N\Delta t$, m — количество интервалов усреднения ($N \gg m$), длительность интервала усреднения $\tau_m = m\Delta t$, шаг дискретизации по частоте $\Delta f = \frac{1}{N\Delta t}$. Для частоты $f = n\Delta f$ несглаженные («сырые») периодограммная и коррелограммная оценки спектральной плотности имеют вид

$$\hat{G}_x(n\Delta f) = \frac{2\Delta t}{N} \left| \sum_{i=0}^{N-1} x(i\Delta t) e^{-j2\pi \frac{in}{N}} \right|^2,$$

$$\hat{G}_x(n\Delta f) = 2\Delta t K_x(0) + 4\Delta t \sum_{h=1}^{N-1} \hat{K}_x(h\Delta t) \cos\left(2\pi \frac{hn}{N}\right),$$

где $\frac{f_B}{\Delta f} = \frac{N}{2}$, $\Delta f = \frac{1}{N\Delta t}$, $f = n\Delta f$,
 $n = 0, 1, 2, \dots, \frac{N}{2}$.

Соответствующие сглаженные оценки определяют по формулам

$$\hat{G}_x^{\text{сгл.}}(n\Delta f) = \sum_{k=0}^{\infty} \hat{G}_x(k\Delta f) g(k\Delta f - n\Delta f) \Delta f,$$

$$\hat{G}_x^{\text{сгл.}}(n\Delta f) = 2\Delta t \hat{K}_x(0) + 4\Delta t \sum_{h=1}^{N-1} \hat{K}_x(h\Delta t) k(h\Delta t) \cos\left(2\pi \frac{hn}{N}\right).$$

3. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА УЭЛЧА

Метод сглаживания периодограмм, предложенный Уэлчем [5], заключается в разделении исходных данных на перекрывающиеся сегменты. Перекрытие сегментов увеличивает количество усредняемых интервалов при заданной длине реализации. Так уменьшается дисперсия оценки спектральной плотности. До вычисления периодограммы данные каждого сегмента умножаются на оконную функцию. Эта операция даёт возможность избежать эффекта появления боковых лепестков и уменьшить смещение оценки. Затем вычисляется преобразование Фурье каждого

сегмента. Результат суммируется по сегментам и делится на так называемый коэффициент коррекции энергии окна (дисперсия окна, умноженная на количество сегментов). Обычно применяют окно Хэмминга с 50%-ным перекрытием. Разрешение метода определяется шириной окна или, что одно и то же, количеством точек сегмента.

Результаты применения метода сглаживания Уэлча проиллюстрируем на тестовом примере — записи сейсмического ускорения грунта во время Бухарестского землетрясения 1977 г. в направлении N-S (2048 отсчётов) (рис. 1).

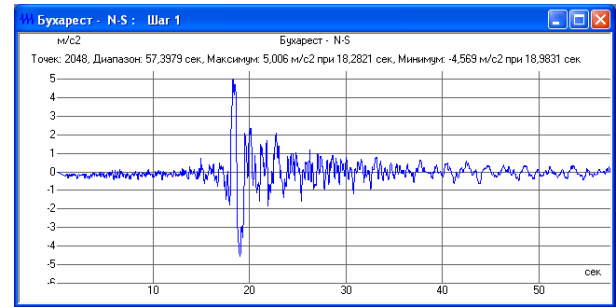


Рис. 1. Акселерограмма Бухарестского землетрясения 1977 г. в направлении N—S. Окно ПО «Еврософт Одиссей»

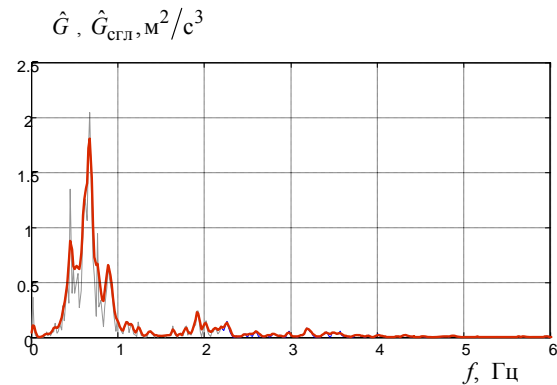


Рис. 2. Периодограмма и сглаженная спектральная плотность (1024 точки, 50%-ное перекрытие)

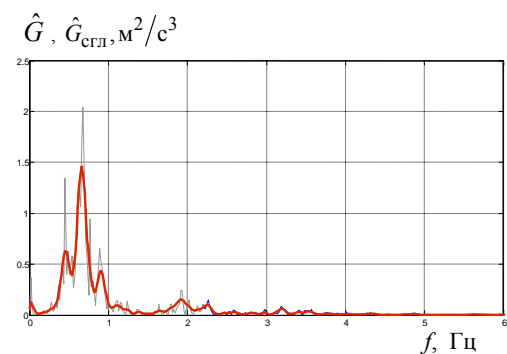


Рис. 3. Периодограмма и сглаженная спектральная плотность (512 точек, 50%-ное перекрытие)

Для сглаживания периодограммы сейсмического ускорения был применён метод Уэлча с 50%-ным перекрытием окнами Хэмминга [6].

С уменьшением ширины окна среднеквадратичное отклонение ошибки оценивания увеличивается (рис. 2—4). Расчёты были выполнены с использованием функции `pwelch` математического пакета MatLab Signal Toolbox.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Значения спектральной плотности мощности зависят от способа сглаживания и разрешения спектральной оконной функции. Чем шире используемое корреляционное окно, тем уже соответствующее спектральное, т.е. тем выше разрешение. В этом случае на графиках спектральной плотности точнее проявляются экстремумы. Чем уже корреляционное окно, тем более размыт график спектральной плотности.

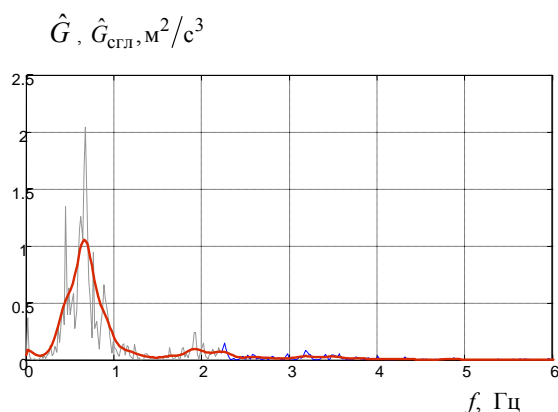


Рис. 4. Периодограмма и сглаженная спектральная плотность (256 точек, 50%-ное перекрытие)

Для анализа акселерограмм достаточно подбирать такие параметры оценивания, чтобы в оценке спектральной плотности оставались 5—10 основных максимумов периодограммы. Особо отметим, что при оценке акселерограмм описанным выше способом неизбежны ошибки, связанные с предположением стационарности и эргодичности случайного процесса. Для повышения точности оценки следует вычленить активную фазу землетрясения, которую можно приближенно считать стационарной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Болотин В.В.** Применение методов теории вероятностей и теории надёжности в расчётах сооружений. М.: Стройиздат, 1971. 254 с.
2. **Назаров Ю.П., Позняк Е.В.** Определение коэффициента динамичности в расчётах на сейсмостойкость [Электронный ресурс] // Строительство: наука и образование. 2015. № 1. Ст. 2. Режим доступа: <http://www.nso-journal.ru>.
3. **Грибанов Ю.И., Мальков В.Л.** Спектральный анализ случайных процессов. М.: Энергия, 1974. 240 с.
4. **Назаров Ю.П.** Расчётные модели сейсмических воздействий. М.: Наука, 2012. 414 с.
5. **Марпл-мл. С.Л.** Цифровой спектральный анализ и его приложения. М.: Мир, 1990.
6. **Позняк Е.В.** Состоятельная оценка спектральной плотности мощности сейсмического ускорения грунта // Вестник МЭИ. № 5. С. 30—36.

E.V. Poznyak, O.V. Novikova

PozniakYV@mpei.ru; NovikovaOV@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

SPECTRAL DENSITY ESTIMATION OF NATURAL SEISMIC GROUND ACCELERATIONS

SUMMARY

The aim of this paper is to present two common ways of spectral density estimation (periodogram and correlogram) of discrete stochastic seismic ground accelerations. This problem is important for earthquake engineering analyses. Welch's method with Hamming window is discussed as effective approach to spectral density estimation. We give an example of smoothing periodogram for records of natural earthquake in Bucharest in 1977. Analysis was performed by using MatLab and software Eurosoft Odyssey (Eurosoft Co., Moscow, Russia).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРОЦЕССОВ И УСТАНОВОК В СРЕДЕ ASPEN PLUS

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён рассмотрению вопросов применения программной среды Aspen Plus в образовательном процессе и научно-исследовательской деятельности в области высокотемпературной теплотехнологии. Представлен комплекс задач, решённых посредством Aspen Plus для объектов промышленной теплоэнергетики в процессе подготовки магистров и аспирантов.

ВВЕДЕНИЕ

Высокотемпературные промышленные установки характеризуются значительным масштабом потребления энергоресурсов и вместе с тем низким уровнем эффективности использования этих ресурсов. Актуальная задача снижения удельной энергоёмкости продукции высокотемпературных промышленных установок решается в различных направлениях, к числу которых относится создание энергосберегающих экологически совершенных установок. Успешная реализация данного направления требует применения методов и средств численного моделирования, использования программно-вычислительных комплексов.

Одним из перспективных инструментов для численного моделирования высокотемпературных процессов, установок и систем промышленной теплоэнергетики является программная среда Aspen Plus. Данная среда обеспечивает возможность моделирования процессов, основанных на химическом и фазовом превращении, конструктивного расчёта и оценки стоимости оборудования.

Среда Aspen Plus активно используется в НИУ «МЭИ» при обучении магистрантов и аспирантов. Посредством Aspen Plus выполнен ряд научно-исследовательских разработок энергосберегающих объектов промышленной теплоэнергетики, в которых реализованы процессы пиролиза, газификации и ректификации [1, 2].

В докладе представлены результаты моделирования и исследования в среде Aspen Plus процессов утилизации тепловых отходов в высокотемпературных установках посредством термохимической рекуперации теплоты отходящих газов и использования органического цикла Ренкина, а также газификации твёрдых бытовых отходов.

1. ТЕРМОХИМИЧЕСКАЯ РЕКУПЕРАЦИЯ ТЕПЛОТЫ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ

Ряд промышленных печей, отапливаемых природным газом, характеризуется высоким тем-

пературным уровнем продуктов горения, покидающих печь. Это обуславливает значительную долю в расходной части теплового баланса печи такой статьи, как теплота отходящих газов. Рекуперация (регенерация) теплоты отходящих газов обеспечивает снижение расхода топлива.

При термической рекуперации тепловой поток с отходящими газами частично расходуется на нагрев направляемых в печь компонентов горения — в первую очередь дутьевого воздуха. При термохимической рекуперации тепловой поток с отходящими газами расходуется не только на нагрев компонентов горения, но и на увеличение химической энергии топлива в результате его конверсии — процесса, идущего с поглощением теплоты. В итоге термохимическая рекуперация может дать больший энергосберегающий эффект по сравнению с термической.

В процессе моделирования установки в среде Aspen Plus отработана технология моделирования теплообменников для случая, когда один из потоков, участвующих в теплообмене, подвергается химическим или фазовым превращениям. Поясним её на примере реактора паровой конверсии.

В реактор конверсии (рис. 1, а) входят предварительно подогретая парогазовая смесь (смесь природного газа и водяного пара), а также отходящие газы, покидающие печь. Исходящие из реактора материальные потоки — это охлаждённые газовые отходы и синтез-газ, полученный в результате конверсии и направляемый на отопление печи.

При моделировании установки в среде Aspen Plus (рис. 1, б) реактор конверсии представлен двумя компонентами: реактором R-SG и теплообменником HEATER, установленным на отходящих газах за печью FURNACE. Тепловой поток $Q = 1\,068\,368$ кал/с передаётся без потерь из теплообменника HEATER в реактор R-SG. На основе допущения, что состав синтез-газа отвечает условиям термодинамического равновесия, из ряда реакторов, предоставляемых для компоновки схемы средой Aspen Plus, выбран реактор Гиббса. Описанная технология применена для моделирования в Aspen Plus прочих теплообменников, составляющих тепловую схему, — подогревателя окислителя, подогревателя парогазовой смеси и испарителя.

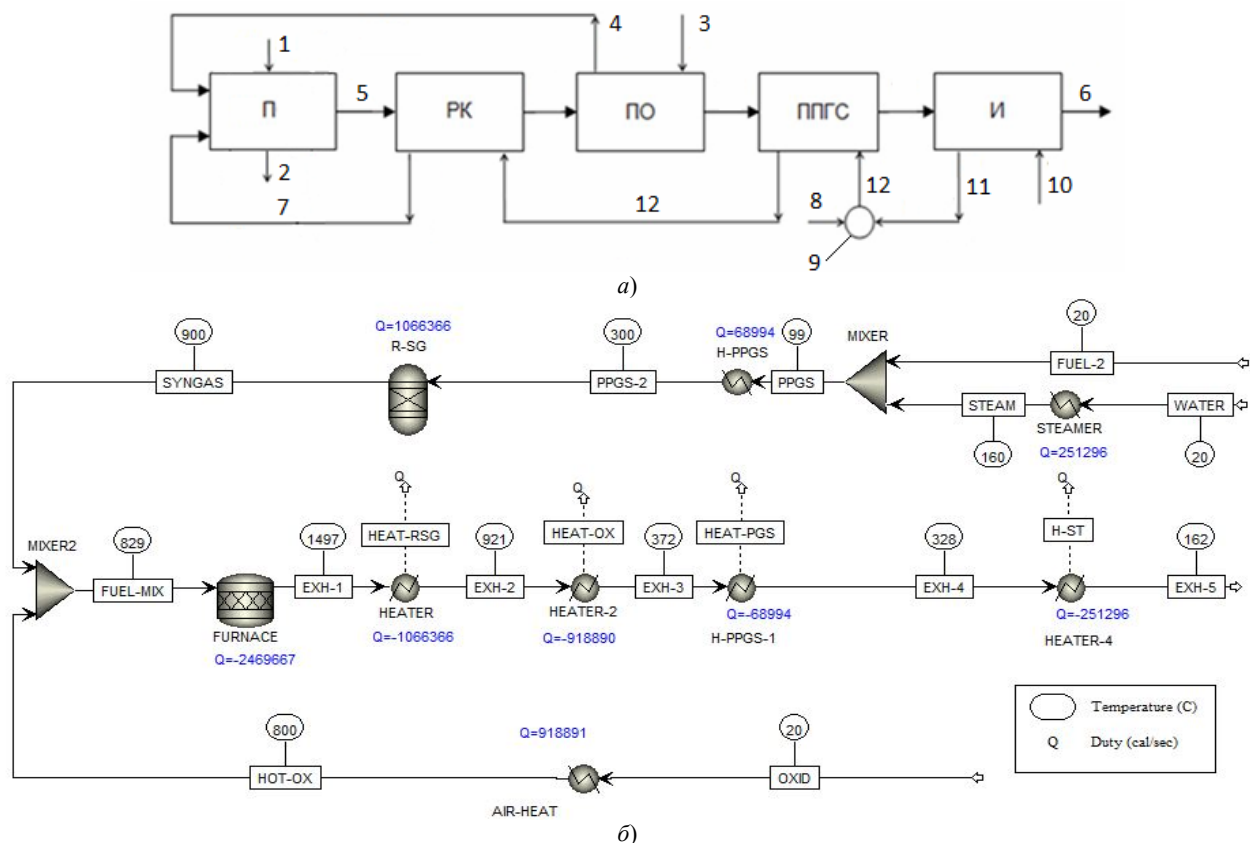


Рис. 1. Тепловая схема (а) и Aspen-модель (б) установки с ТХР на основе паровой конверсии: П — печь; ПО — подогреватель окислителя для горения топлива; РК — реактор конверсии; ППГС — подогреватель парогазовой смеси; И — испаритель; 1 — исходный материал; 2 — технологический продукт (стекломасса); 3 — холодный окислитель; 4 — горячий окислитель; 5 — отходящие газы; 6 — уходящие газы; 7 — синтез-газ на отопление печи; 8 — природный газ; 9 — смеситель; 10 — питательная вода; 11 — водяной пар; 12 — парогазовая смесь

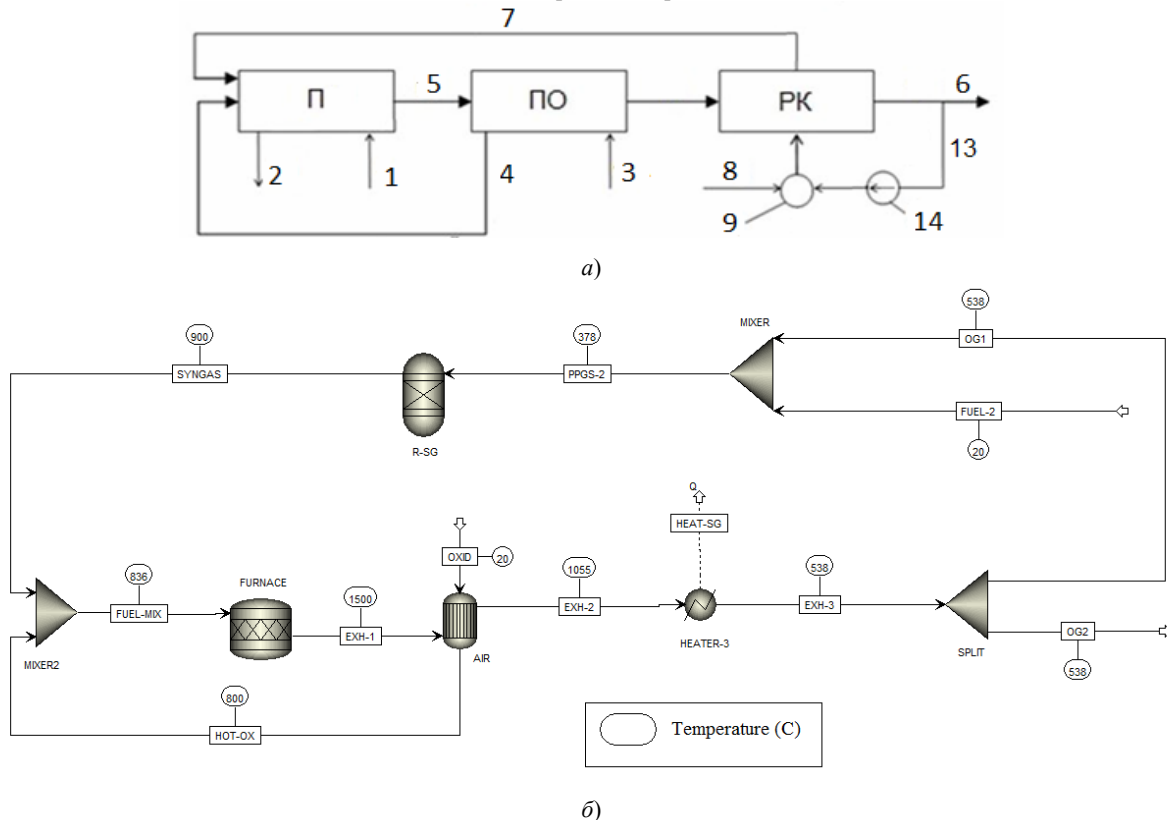


Рис. 2. Тепловая схема (а) и Aspen-модель (б) установки с ТХР посредством конверсии на уходящих газах: 13 — рециркулирующие уходящие газы, используемые для конверсии; 14 — рециркуляционный дымосос; прочие обозначения — см. рис. 1

Альтернативным вариантом окислителя для конверсии природного газа может быть смесь водяного пара и диоксида углерода, присутствующая в газовых отходах — уходящих газах, выбрасываемых из установки в окружающую среду. Вариант тепловой схемы стекловаренной установки с конверсией на уходящих газах представлен на рис. 2, а, соответствующая Aspen-модель установки — на рис. 2, б.

Для моделирования подогревателя окислителя использован предоставляемый средой Aspen Plus теплообменник AIR (рис. 2, б), приемлемый для случая, когда в потоках, участвующих в теплообмене, не происходят химические либо фазовые превращения.

Конверсия природного газа может сопровождаться нежелательным явлением — образованием сажи, выводящей из строя катализатор, который используется для осуществления конверсии. Среда Aspen Plus предоставляет возможность исследовать процесс сажеобразования. На рис. 3 показана полученная посредством Aspen Plus зависимость удельного выхода углерода (сажи) от $\alpha_{\text{конв}}$ — коэффициента расхода окислителя на конверсию [4, 5] — в случае конверсии на уходящих газах при температуре синтез-газа 900 °С. Из полученных данных следует, что при $\alpha_{\text{конв}} \geq 1$ сажеобразование практически подавляется, что является важным результатом исследования.

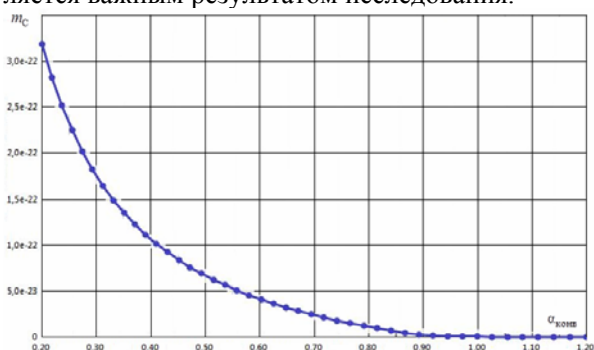


Рис. 3. Зависимость массовой доли свободного углерода m_c в синтез-газе от коэффициента расхода окислителя на конверсию

2. УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛООВОГО ОТХОДА ПОСРЕДСТВОМ ОРГАНИЧЕСКОГО ЦИКЛА РЕНКИНА

Для утилизации средне- и низкпотенциальных тепловых отходов всё чаще применяется цикл Ренкина с альтернативными рабочими телами, в качестве которых используются органические вещества с температурой кипения ниже, чем у воды. Благодаря этому появляется возможность реализовать цикл Ренкина при более низкой температуре — так называемый органический цикл Ренкина (ОЦР) [6].

В системах производства строительного кирпича широко распространены туннельные печи, в которых перемещаемый на вагонетках технологический материал проходит последовательно зоны нагрева, обжига (при температуре около 1000 °С) и охлаждения. Охлаждение обеспечивается воздухом, движущимся в противотоке с технологическим материалом, при этом нагретый воздух отводится (отбирается) из печи на границе зон обжига и охлаждения с температурой 300—550 °С. Нередко тепловой поток с отбираемым воздухом (отбором) используется неэффективно: отбор либо смешивается с более холодными воздушными потоками перед направлением его в другие устройства, либо рассеивается в окружающую среду.

Перспективным вариантом утилизации теплового потока с отбором является использование его как источника теплоты в органическом цикле Ренкина с выработкой электроэнергии и получением горячей воды. Получаемые энергоносители — электроэнергия и горячая вода — используются либо для собственных нужд предприятия, либо направляются внешним потребителям.

Исследование данного варианта выполнено на модели установки, реализованной в среде Aspen Plus (рис. 4).

Поток S1 отбора из зоны охлаждения туннельной печи нагревает в теплообменнике 1 до состояния перегретого пара рабочее тело, используемое в ОЦР. Пар расширяется в турбине 2, затем охлаждается и конденсируется в теплообменнике 3, передавая теплоту сетевой воде (поток S6). Конденсат поступает в питательный насос 4.

Исследованием Aspen-модели установлено, что вырабатываемая электрическая мощность соизмерима с электропотреблением всего предприятия. Это свидетельствует о целесообразности дальнейшей разработки данного технического решения.

3. ГАЗИФИКАЦИЯ ТВЁРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Газификация представляет собой процесс термохимической переработки твёрдого топлива или углеродосодержащего вещества, например твёрдых бытовых отходов (ТБО). В качестве окислителя используются воздух, кислород, водяной пар или смесь вышеуказанных компонентов. Целевым продуктом процесса является синтез-газ (генераторный газ), который может использоваться как топливо или как сырьё для ряда химических процессов. Среда Aspen Plus используется многими исследователями для моделирования процессов и установок газификации [7—9].

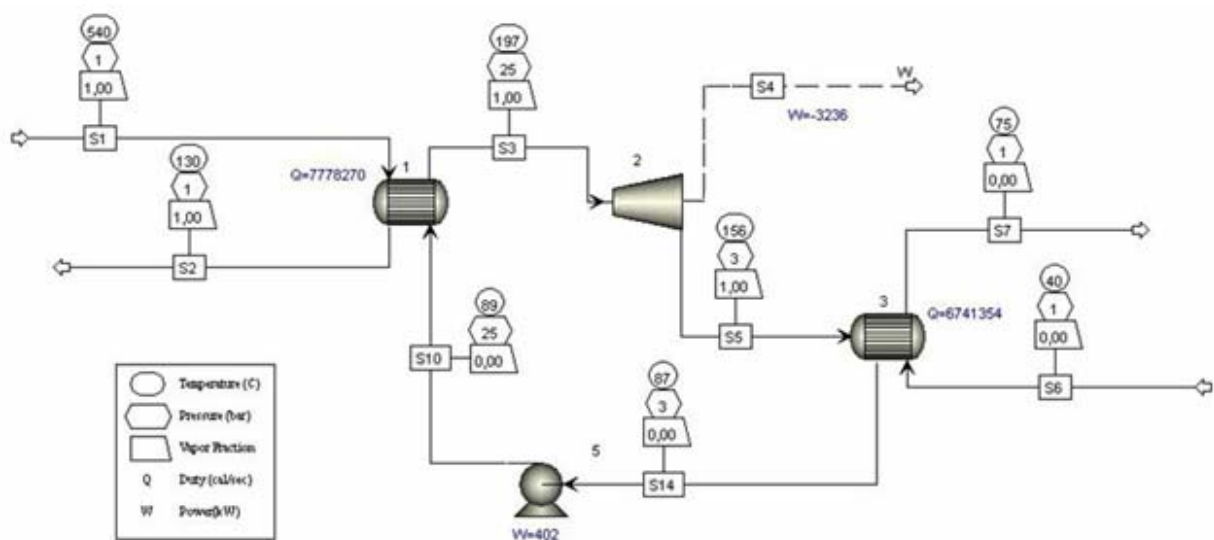


Рис. 4. Aspen-модель с ОЦР в составе туннельной печи

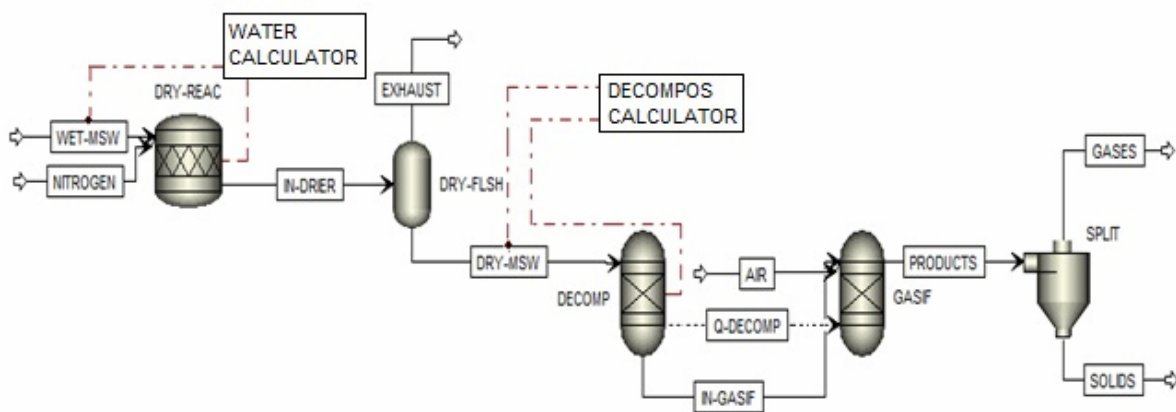


Рис. 5. Aspen-модель установки газификации твёрдых бытовых отходов

В данной работе сформирована и исследована Aspen-модель установки воздушной газификации ТБО, состав которых соответствует средней полосе России (рис. 5). Установка включает в себя газогенератор, в котором используется воздух как окислитель, и сушилку, в которой исходные ТБО с влажностью 12 % предварительно подсушиваются азотом до влажности 5 %.

Aspen Plus проявляется в том, что и сушилка, и газогенератор представляются в Aspen-модели не одним, а двумя компонентами. Сушилка представлена компонентами DRY-REAC и DRY-FLSH, газогенератор — компонентами DECOMP и GASIF.

Собственно процесс сушки осуществляется в DRY-REAC, а разделение потока на отработавший сушильный агент и подсушенные ТБО — в DRY-FLSH.

Моделирование процесса газификации включает с себя несколько этапов.

1. Формирование списка веществ, составляющих исходный поток и поток продуктов процесса газификации. Для рассматриваемой модели вещество исходного потока — это ТБО. Принимаем, что в потоке продуктов твёрдые вещества —

зола, углерод, сера, а также газообразные вещества — H_2 , H_2O , O_2 , N_2 , CO , CO_2 , CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 .

2. Классификация веществ, включённых в сформированный список, а именно установление принадлежности каждого вещества к типу, используемому в Aspen Plus. В рассматриваемой модели принимаем, что ТБО (municipal solid waste — MSW) и зола (ASH) относятся к типу Nonconventional (нестандартный), углерод и сера — к типу Solid (твёрдый), все газы — к типу Conventional (стандартный). Для веществ, относящихся к типу Conventional либо Solid, в среде Aspen Plus содержатся сведения об их физико-химических свойствах, тогда как для веществ, относящихся к типу Nonconventional, их свойства должны быть указаны пользователем.

В среде Aspen Plus результат классификации веществ имеет вид, представленный на рис. 6.

3. Выбор компонентов, моделирующих газификатор. Данный этап необходим, так как подвергаемые газификации ТБО относятся к типу Nonconventional веществ с неизвестными свойствами. В частности, для ТБО неизвестна энергия Гиббса, требующаяся для расчёта равновесного состава газообразных продуктов газификации.

На данном этапе выбраны два компонента: DECOMP и GASIF.

В компоненте DECOMP (реактор класса RYield) входящий поток ТБО подвергается декомпозиции. От него отделяется поток веществ, которые не участвуют в формировании потока синтез-газа и потому не учитываются в расчёте термодинамического равновесия состава синтез-газа. В данный поток включаются вещества, имеющие тип Solid (в рассматриваемой задаче – сера и углерод).

В компоненте GASIF (реактор класса RGibbs) выполняется расчёт равновесного состава синтез-газа методом минимизации свободной энергии Гиббса. В процессе расчёта учитываются вещества, относящиеся к типу Conventional.

Компоненты DECOMP и GASIF взаимосвязаны. Из DECOMP поток ТБО, подвергнутый декомпозиции, направляется в GASIF (на рис. 5 это материальный поток IN-GASIF). Теплота, затрачиваемая на процесс декомпозиции в DECOMP, подводится из GASIF (на рис. 5 это тепловой поток Q-DECOMP).

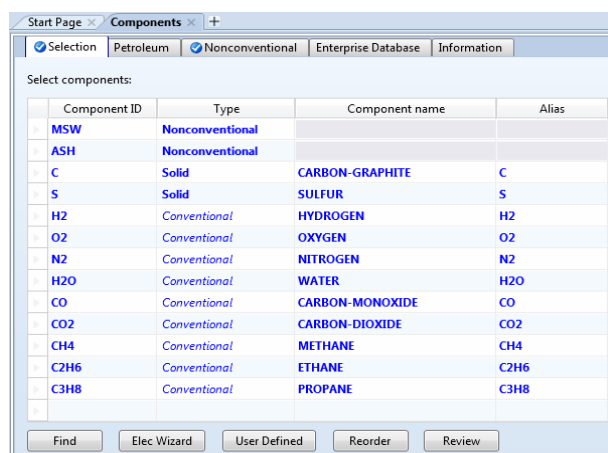


Рис. 6. Экранная форма с описанием веществ, участвующих в процессе газификации

4. Выбор метода определения теплоты сгорания ТБО. В рассматриваемом случае используется закладка «Methods – NC Props / Property Methods» (рис. 7).

Выбранный метод (код опции — 6) в строке Enthalpy означает, что необходимо задать теплоту сгорания ТБО. Это выполняется посредством закладки, показанной на рис. 8. Введённое значение теплоты сгорания ТБО на сухую массу 16 386 кДж/кг определено экспериментально на калориметрической бомбе — калориметре ИКА С 2000 basic (Германия).

Поток PRODUCTS газообразных и твёрдых продуктов газификации (см. рис. 5) направляется из газификатора в сепаратор SPLIT, откуда синтез-газ (поток GASES) поступает к потребителю.

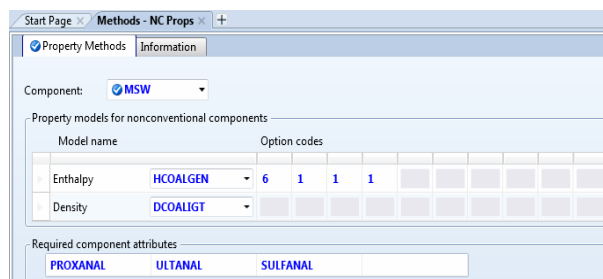


Рис. 7. Экранная форма для выбора методов расчёта теплотехнических свойств нестандартных веществ

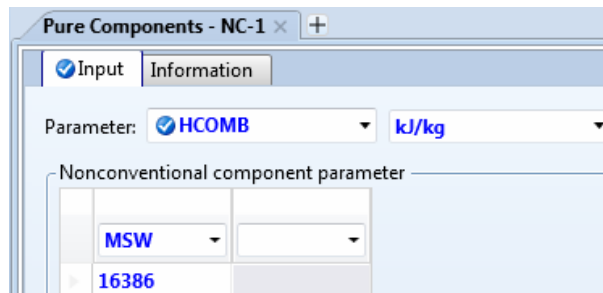


Рис. 8. Экранная форма для ввода теплоты горения ТБО

Разработанная Aspen-модель использована для исследования процесса газификации ТБО с целью сравнения расчётных данных с результатами эксперимента на пилотной установке [10]. Полученные результаты свидетельствуют об удовлетворительном соответствии экспериментальных и расчётных данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Опыт применения среды Aspen Plus в образовательном процессе и научно-исследовательской деятельности позволяет сделать вывод о том, что данная программная среда успешно осваивается и продуктивно используется студентами и аспирантами.

2. По сравнению с MathCAD процедура решения ряда задач высокотемпературной технологии в среде Aspen Plus реализуется более устойчиво и избавляет от необходимости подбора начальных приближений.

3. Технология визуального программирования в среде Aspen Plus существенно повышает производительность процесса моделирования, расширяет круг исследователей, способных решать сложные расчётные задачи, позволяет сконцентрироваться на корректном отборе допущений, принимаемых на этапе постановки задачи, и анализе получаемых результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федюхин А.В. Разработка систем комбинированной выработки тепловой и электрической энергии на основе исследования процессов пиролиза и газификации биомассы: автореф.... дис. канд. техн. наук. Иваново, 2014.
2. Шомова Т.П. Повышение энергетической эффективности газоперерабатывающих предприятий на ос-

- нове применения тепловых насосов: автореф.... дис. канд. техн. наук. Иваново, 2014.
3. **Свистунов И.Н., Попов С.К., Ипполитов В.А.** Разработка энергосберегающих тепловых схем промышленных печей и совершенствование методов их исследования // Энергосбережение — теория и практика: Труды VII международной школы-семинара молодых учёных и специалистов. М.: Издательский дом МЭИ, 2014. С. 108—111.
 4. **Попов С.К.** Анализ предельного уровня энергосбережения в установках с термохимической регенерацией теплоты // Вестник МЭИ. 2012. № 5. С. 9—13.
 5. **Попов С.К., Свистунов И.Н., Ипполитов В.А.** Энергосбережение при утилизации тепловых отходов промышленных печей на основе конверсии природного газа // Тепловые процессы в технике. 2015. Т. 7. № 2. С. 80—86.
 6. **Белов Г.В., Дорохова М.А.** Органический цикл Ренкина и его применение в альтернативной энергетике // Наука и образование (электронный научно-технический журнал). 2014. № 2. С. 99—124. Интернет-ресурс: <http://technomag.bmstu.ru/doc/699165.html>
 7. **Li X., Grace J.R., Watkinson A.P. et al.** Equilibrium modeling of gasification: a free energy minimization approach and its application to a circulating fluidized bed coal gasifier // Fuel. 2001. Vol. 80. P. 195—207.
 8. **Mathieu Ph., Dubuisson R.** Performance analysis of a biomass gasifier // Energy Conversion and Management. 2002. Vol. 43. P. 1291—1299.
 9. **Sharmina Begum, Mohammad G. Rasul, Delwar Akbar, Naveed Ramzan.** Performance Analysis of an Integrated Fixed Bed Gasifier Model for Different Biomass Feedstocks // Energies. 2013. Vol. 6. P. 6508—6524.
 10. **Naveed S., Malik A., Ramzan N., Akram M.** A comparative study of gasification of food waste (FW), poultry waste (PW), municipal solid waste (MSW) and used tires (UT) // Nucleus. 2009. Vol. 46. P. 77—81.

S.K. Popov, I.N. Svistunov, V.A. Ippolitov, M.R. Stepanushkina, M.V. Kopkov

PopovSK@mpei.ru; ilya.svistunov@gmail.com; IppolitovVA@mpei.ru;
StepanushkinMR@mpei.ru; KopkovMV@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

MODELLING OF HIGH-TEMPERATURE PROCESSES AND PLANTS IN A MEDIUM ASPEN PLUS

SUMMARY

The report is devoted to the issues of the application software environment Aspen Plus in education and research activities in the field of high-temperature heat technologies. The complex of problems solved by the Aspen Plus for industrial power facilities in the preparation of master's and PhD students is represented.

ВЫЧИСЛЕНИЕ ОБРАТНОЙ МАТРИЦЫ ПЕРЕМЕННОГО РАЗМЕРА В ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦАХ MS EXCEL

АННОТАЦИЯ

Численное решение задач алгебры во многих случаях приводит к необходимости вычисления обратных матриц. Использование встроенных функций обработки массива не всегда даёт нужный эффект, так как результат их работы зачастую зависит от возможностей компьютера и используемого программного обеспечения. Доклад посвящён реализации алгоритма вычисления обратной матрицы переменного размера в электронных таблицах MS EXCEL без использования встроенной функции МОБР. Приводятся примеры решения задач.

ВВЕДЕНИЕ

При решении ряда задач высшей математики можно использовать электронные таблицы MS EXCEL. Однако некоторые функции рабочего листа этого пакета используются лишь в качестве табличных (функций обработки массивов). Такой функцией является, например, функция МОБР (вычисление обратной матрицы). При этом для получения результата требуется предварительное выделение области. Вследствие этого неудобно использование матриц переменного размера.

Представляется интересной возможность реализации алгоритма вычисления обратной матрицы с использованием схемы единственного деления Гаусса [1] для матрицы переменного размера. Это даёт возможность преподавателю подготовить достаточное число вариантов заданий для самостоятельной работы студентов, имея для проверки полностью решённые задачи с промежуточными вычислениями.

Рассмотрению основных аспектов решения этой задачи посвящён данный доклад.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для заданной неособенной матрицы порядка n ($2 \leq n \leq 10$) получить обратную матрицу без использования встроенной функции МОБР.

2. ОПИСАНИЕ СХЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФУНКЦИЙ РАБОЧЕГО ЛИСТА

Для нахождения обратной матрицы A^{-1} используем тот факт, что $A \cdot A^{-1} = E$, где E — единичная матрица того же порядка, что и матрица A . Воспользуемся схемой, предложенной в [1]. Здесь A — неособенная матрица порядка n , E — единичная матрица того же порядка, столбцы которой выступают поочередно столбцами свободных членов в системе вида $AX = B$ (1).

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1i} & \dots & a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{i1} & \dots & a_{ii} & \dots & a_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & \dots & a_{ni} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}, E = \begin{pmatrix} 1 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Ниже приведён алгоритм решения задачи в электронных таблицах MS EXCEL.

1. Ввести размерность матрицы в ячейку A2.
2. Расположить матрицу A в диапазоне V3:K12 (рис. 1).
3. Соответствующая единичная матрица занимает диапазон L3:U12. Она формируется в соответствии с формулой (2), введённой в ячейку L3 и распространённой далее на диапазон L3:U12.
4. В ячейку V3 введена формула (3), выводимая для контроля соответствующий диагональный элемент матрицы A (рис. 1).
5. В столбце W располагаются номера итераций: в ячейку W3 вводится 1, а в W14 — формула (4).
6. Формула (5) автоматически нумерует столбцы единичной матрицы.
7. Ввести в ячейку B14 формулу (6) и распространить её на диапазон B14:U23 (рис. 2).

$$=ЕСЛИ(И(\$A3<>"";B\$2<>""); ЕСЛИ(\$A3=B\$2;1;0);"");$$

$$=ЕСЛИ(ЕОШИБКА(СМЕЩ(В3;W3-1; W3-1; 1;1)));"";СМЕЩ(В3;W3-1; W3-1; 1;1)).$$

$$=ЕСЛИ(ЕОШИБКА(W3+1);""; ЕСЛИ(W3<A2;W3+1;""));$$

$$=ЕСЛИ(B2="";"";10+B2).$$

$$=ЕСЛИ(И(A14<>"";L13<>"";W14<>""); ЕСЛИ(A3<=W3;L3;-СМЕЩ(В3;W3-1; L13-1;1;1)/V3*СМЕЩ(В3;A3-1; W3-1;1;1)+СМЕЩ(В3;A3m1; L13-1;1;1)));"");$$
8. Из диапазона A13:W23 удалить все знаки «\$».
9. Скопировать диапазон A13:W23 и выполнить его вставку 8 раз в ячейки A24, A35, ..., A101 (рис. 3).

Рис. 1. Расположение исходных данных на рабочем листе

Рис. 2. Первая итерация

Рис. 3. Копирование и вставка формул первой итерации

Рис. 4. Получение обратной матрицы

Результаты вычислений по прямому ходу схемы единственного деления переносятся в диапазон A112:U122: формула (7) вводится в ячейку A112 и распространяется на указанный диапазон. Для определения значения переменных $x_i (i = 1, n)$ в ячейки L125:L134 переносим диагональные элементы по формуле (8). В ячейку K125 вводим формулу (9), в J125 — формулу (10) и распространяем её на диапазон I126÷B125. Формулы (9)

и (10) распространяем на диапазон B125:K134 (рис. 4). В этом диапазоне находится транспонированная обратная матрица. Формулой (11), введенной в ячейку B148 и распространённой на диапазон B148÷K157, получаем обратную матрицу. Проверка правильности вычислений, т.е. выполнение соотношения $A \cdot A^{-1} = E$, выполнена в диапазоне B165÷K174 в соответствии с формулой (12).

$$=ЕСЛИ(\$A113 < > ""; ГПР(B\$112; \$B\$2:\$U\$111; 11 * (\$A\$2-1) + \$A113 + 1); "") \quad (7)$$

$$=ЕСЛИ(A125 < > ""; СМЕЩ(\$K\$122; -(10 - \$A\$112 - 1 + A125); -(10 - \$A\$112 - 1 + A125); 1; 1); "") \quad (8)$$

$$=ЕСЛИ(A125 < > ""; СМЕЩ(\$L\$122; -(10 - \$A\$2); A125 - 1; 1; 1) / \$L\$125; "") \quad (9)$$

$$=ЕСЛИ(И(J\$124 < > ""; \$A125 < > ""); (СМЕЩ(\$L\$122; -(10 - \$A\$112) - K\$124; \$A125 - 1; 1) - \quad (10)$$

$$- СУММПРОИЗВ(СМЕЩ(\$L\$122; -(10 - \$A\$112) - K\$124; \quad (11)$$

$$=ЕСЛИ(И(\$A148 < > ""; B\$147 < > ""); ВПР(B\$147; \$A\$125:\$K\$134; \quad (12)$$

$$11 - \$A\$2 + \$A148); "") \quad (11)$$

$$=ЕСЛИ(И(\$A148 < > ""; B\$147 < > ""); СУММПРОИЗВ(СМЕЩ(\$B\$3; B\$147 - 1; 0; 1; \$A\$2); СМЕЩ(\$B\$125; \$A148 - 1; \quad (12)$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представлена возможность использования схемы единственного деления Гаусса для получения обратной матрицы переменного размера в электронных таблицах MS EXCEL без использования встроенной функции МОБР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пчельник В.К., Ревчук И.Н. Реализация метода Гаусса в электронных таблицах Ms Excel // Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования — ИНФОРИНО—2012». М.: Издательский дом МЭИ, 2012. С. 228—230.

V.K.Pchelnik

v_pchelnik@tut.by

Yanka Kupala State University of Grodno

THE CALCULATION OF THE INVERSE MATRIX OF VARIABLE SIZE IN SPREADSHEETS MS EXCEL

SUMMARY

The numerical solution of problems of algebra in many cases leads to the need of calculating inverse matrices. Use built-in functions array processing does not always produce the desired effect, as the result of their work often depends on the capabilities of the computer and software used. The report focuses on the implementation of the algorithm for computing the inverse matrix of variable size in spreadsheets MS EXCEL without using built-in functions ASI. Examples of solving problems.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ТЕПЛОВЫХ И АТОМНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён рассмотрению особенностей проектирования систем водоподготовки с использованием компьютерных технологий. Анализируются основные направления совершенствования технологий обессоливания воды. Проводится сравнительный анализ компьютерных программ проектирования систем водоподготовки при проектировании малоотходных водоподготовительных установок с использованием различных способов подготовки обессоленной воды.

ВВЕДЕНИЕ

Бесспорным является то, что метод ионного обмена позволяет получить воду любого требуемого качества для использования на ТЭС и АЭС [1]. Появление в мировой практике новых типов парогенерирующего оборудования и ужесточение норм качества водного теплоносителя требуют совершенствования водоподготовки. Компьютерные программные расчёты дают возможность оптимизировать выбор технологии обессоливания воды ещё на стадии проектирования водоподготовительных установок [2].

1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПОДГОТОВКИ ВОДНОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ НА ТЭС БЕЛОРУССКОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Состояние технологии подготовки водного теплоносителя на теплоэлектростанциях (ТЭС) Белорусской энергосистемы определяется состоянием и перспективами развития основного теплоэнергетического оборудования. В настоящее время в Белорусской энергосистеме используются в основном технологии физико-химической обработки природной воды, разработанные в 1960–1970-х гг. [3]. Данные технологии позволяют добиться качества воды, соответствующего нормам различных промышленных энергетических объектов; гарантируют длительную безаварийную работу основных агрегатов теплоэнергетического производства, просты в эксплуатации. Однако при этом требуют высоких капитальных затрат, значительного расхода реагентов, сопровождаются большим количеством высокоминерализованных стоков. Велико и негативное их влияние на окружающую среду, что оборачивается увеличением материальных затрат на обработку воды. Непрерывно возрастающая стоимость реагентов и воды (плата осуществляется как за водопотребление, так и водоотведение) ставит задачу повышения эконо-

мической эффективности систем водоподготовки и снижения их негативного влияния на экологию, а введение в эксплуатацию современного теплотехнического оборудования — улучшения качества подпиточной воды, возможного только путём внедрения новых технологий и оборудования [3, 4].

2. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДГОТОВКИ ВОДНОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

В конце XX в. наибольшее распространение получила технология обессоливания воды на базе параллельно-точных ионитных фильтров (для вод с малой и средней минерализацией) и термическое обессоливание (для вод с высокой минерализацией или повышенной окисляемостью) [5]. Ужесточение экологических требований к водоподготовке, ухудшение качества обрабатываемых вод и высокие эксплуатационные затраты привели к созданию новых технологий обработки воды.

Анализ литературных источников [5–7] показывает, что предложения по совершенствованию технологии обессоливания воды на ТЭС можно разделить на следующие группы:

- оптимизацию действующих установок ионообменного химического обессоливания (ХОУ), направленную на сокращение расхода реагентов и стоков;
- разработку схем ХОУ на основе противоточных технологий (UPCORE, Schwebebett и др.);
- разработку схем обессоливания на основе мембранных методов обработки воды;
- создание малоотходных технологий на основе термического метода.

Поэтому возможность практически безреагентного удаления растворённых солей и органических соединений предопределяет актуальность использования баромембранных технологий в схемах обессоливания воды на ТЭС и АЭС Белорусской энергосистемы. Традиционно используемая прямоточная ионообменная технология подготовки обессоленной воды для подпитки котлов, позволяющая добиться качества воды, соответствующего нормам различных промышленных энергетических объектов, постепенно теряет конкурентоспособность в условиях значительного повышения цен на ионообменные смолы, кислоту и щелочь, а также увеличения платы за водопользование и сброс минерализованных стоков, что делает баромембранные технологии

обессоливания конкурентноспособными по сравнению с ионообменными.

3. ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РАСЧЁТА СИСТЕМ ВОДОПОДГОТОВКИ

При проектировании новых и модернизации существующих водоподготовительных установок (ВПУ) основными задачами являются [8]:

- обеспечение стабильного качества получаемой воды;
- обеспечение технологической надёжности и устойчивости работы оборудования;
- сокращение эксплуатационных затрат;
- минимизация количества сбрасываемых стоков.

В настоящее время наметился прогресс в области водоподготовки: вводятся новые и реконструируются существующие установки. При этом используются высокотехнологичные элементы систем водоподготовки и прогрессивные методы водоочистки [9,10].

Проектирование различных систем обработки воды в современных условиях проводится с использованием программных расчётов. С этой целью созданы ряд программ, среди которых можно выделить программы, разработанные на кафедре «Технология воды и топлива» НИУ «МЭИ» и программы зарубежных производителей водоподготовительного оборудования и сопутствующих материалов. Компьютерные расчёты могут выполняться индивидуально по отдельным программам, а также в виде сетевых расчётов для открытого использования через Интернет или доступными только в закрытых корпоративных сетях (интранет). Использование сетевых расчётов может привести к значительной экономии средств на лицензирование программного обеспечения [10, 11].

Расчёт технологических параметров систем водоподготовки может выполняться с помощью специализированных программ, предоставляемых производителями основных технологических элементов схем водоподготовки («CADIX», «X-Calc», «ROSA», «IP-PRO» и др.)

Фирмы-производители мембранных аппаратов (элементов) — FILMTEC, Hydranautics, Saehan — и ионообменных смол и установок химического обессоливания — DOW CHEMICAL, Purolite — снабжают своих покупателей специализированными компьютерными программами, помогающими исходя из заданных характеристик установки провести расчёт схемы оптимального гидравлического распределения и определить химический состав фильтра.

Рассмотрим и проанализируем эффективность проектирования систем водоподготовки с использованием компьютерных программ.

4. ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИОНООБМЕННЫХ СИСТЕМ ВОДОПОДГОТОВКИ

В [12,13] автором был проведён сравнительный анализ программного проектирования ионообменных ВПУ ТЭС и АЭС с использованием различных технологий регенерации. Выполнение сравнительного анализа программ CADIX и Ion Exchange Design осуществлялось при проектировании условной ВПУ с использованием различных способов регенерации ионитных фильтров.

Программа CADIX (Computer Aided Design for Ion eXchange – Компьютерное проектирование для ионного обмена) – компьютерная программа проектирования систем ионного обмена, разработанная компанией DOW CHEMICAL. Является ионообменным инженерным инструментом для проектирования и анализа существующих рабочих систем водоподготовки. Программа CADIX является универсальным инструментом для проектирования установок ионного обмена и для оценки эксплуатационных качеств существующих установок. Более того, программа CADIX обеспечивает оценку экономической обоснованности переоборудования с использованием противоточной технологии UPCORE или Packed Bed [14]. CADIX позволяет проектировать одновременно как прямоточное, так и противоточное регенерирование фильтров умягчения и обессоливания с использованием ионообменных смол марки DOWEX. К достоинствам программы CADIX можно отнести то, что при введении неверных параметров программа автоматически уведомляет об ошибке и просит скорректировать данные. Также без существенных временных затрат она позволяет изменять любой параметр и в режиме реального времени отслеживать изменения выходных характеристик.

Немаловажными факторами при оценке экономической и экологической эффективности работы фильтров являются качество и количество сточных вод. Расчёт качества и количества сточных вод проводится в программе CADIX как для прямоточной, так и для противоточной регенерации. В обоих случаях стоки разделяются на две — части «грязные» и «чистые» стоки. Первые составляют примерно 1/3 объёма всех сточных вод, имеют более высокую концентрацию ионов и направляются на нейтрализацию.

Программу CADIX бесплатно можно загрузить с сайта компании DOW CHEMICAL. Однако некоторые опции программы доступны только покупателям ионообменных смол компании-разработчика.

Программа Ion Exchange Design – компьютерная программа для проектирования систем ионного обмена, разработанная фирмой Purolite. Она предназначена для использования инженерами-

проектировщиками, которые имеют опыт проектирования таких систем. По своей структуре программа является очень гибкой и позволяет осуществить многие вариации в зависимости от конкретных параметров пользователя, что позволяет пользователю исследовать, каким образом на проектируемую им систему будет влиять изменение множества различных факторов. После ввода всех требуемых параметров сама программа будет генерировать предупреждения, если работа с системой ведётся ошибочным образом, поэтому при условии, что на эти предупреждения будет обращено должное внимание, программа может создавать функциональную конструкцию. Программа также следит за соблюдением равенства количества катионов и анионов и проводит расчёт качества и количества сточных вод для прямоточной и противоточной регенерации. К недостаткам программы можно отнести то, что программа Ion Exchange Design является коммерческой.

5. ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ БАРОМЕМБРАННЫХ СИСТЕМ ВОДОПОДГОТОВКИ

В [15,16] автором было проведено исследование малосточности технологий водоподготовки на ТЭС с использованием различных технологий обессоливания воды. Выполнение сравнительного анализа эффективности схем водоподготовки осуществлялось с использованием программы CADIX, описанной выше, и ROSA при проектировании малосточной ВПУ ТЭС с использованием различных способов подготовки обессоленной воды (противоточной технологии ионного обмена и баромембранной технологии обратного осмоса).

Программа ROSA — компьютерная программа для расчёта баромембранных установок обессоливания воды по технологиям обратного осмоса и нанофильтрации с применением мембранных элементов FILMTEC, разработанная компанией DOW CHEMICAL. Программа позволяет быстро и легко выполнить предварительные расчёты показателей работы элементов FILMTEC в конкретных условиях. Для оценки работы обратно-осмотических или нанофильтрационных установок необходимо сделать несколько вариантов расчётов с разными параметрами. Программа позволяет рассчитывать схемы с рециклом концентрата, когда часть его потока возвращается для подмеса к питательной воде той же или предыдущей ступени. Программа производит расчёт качества и количества фильтрата и концентрата обратноосмотических и нанофильтрационных установок. Программу ROSA бесплатно можно загрузить с сайта компании DOW CHEMICAL .

Winflows — программа для расчёта обратно-осмотических мембранных установок, разработанная компанией Osmonics. Программа очень удобна в расчётах серьёзных систем, состоящих из рулонных мембранных элементов, но требует знания основ проектирования мембранных установок. Содержит технико-экономические расчёты эксплуатационных затрат на содержание системы. Программу WinflowsTm можно бесплатно загрузить с сайта компании Osmonics.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существующие в настоящее время компьютерные программы призваны помочь инженерам и производителям оригинального оборудования водоподготовки настроить компоненты для обработки воды лучше и быстрее посредством применения технологий компьютерного проектирования.

Данные программы позволяют решить любые задачи при проектировании и анализе существующих рабочих систем водоподготовки.

Таким образом, применение в качестве основного инструмента для проведения расчётов и анализа существующих рабочих систем водоподготовки компьютерных программ позволяет решить любые задачи при проектировании и анализе установок умягчения и обессоливания воды.

Программы компьютерного проектирования водоподготовительных установок ТЭС и АЭС позволяют получать необходимые данные для выбора основного и вспомогательного оборудования ионообменных и баромембранных установок, а также различных эксплуатационных режимов и показателей работы ВПУ. Отличная визуализированность и наглядность рассмотренных в данной работе программ способствуют минимизации временных затрат на проведение исследования или расчёта.

Компьютерные программы проектирования систем ионного обмена CADIX и Ion Exchange Design и баромембранных установок Winflows и ROSA дают возможность получить необходимые данные для выбора основного и вспомогательного оборудования ионообменных и баромембранных установок соответственно, различных эксплуатационных режимов, показателей работы установок.

При выполнении автором программного проектирования ВПУ с различными технологиями регенерации [12,13] был проведён сравнительный анализ компьютерных программ CADIX и Ion Exchange Design. Можно отметить, что принцип расчёта у обеих программ одинаковый, однако программа CADIX в процессе расчётов показала себя более простой и удобной.

Применение современных технологий и схем обессоливания воды на объектах энергетики позволит сократить использование природной воды и реагентов, а также объём сточных вод и концентрацию ионов в сточных водах и снизить за счёт этого негативное воздействие ТЭС и АЭС на гидросферу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Выбор** метода водоподготовки на ТЭС различных типов / А.С. Седлов, Е.Н. Потапкина, А.П. Рыков и др. // Вестник МЭИ. 2004. № 4. С. 26—32.
2. **Копылов А.С., Очков В.Ф., Чудова Ю.В.** Процессы и аппараты передовых технологий водоподготовки и их программные расчёты: учебное пособие для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2009.
3. **Хаютина Е.С.** Новое оборудование требует модернизации водоподготовки и водного режима // Энергетика Беларуси. 2015. № 17. С. 5.
4. **Хаютина Е.С.** Новое оборудование требует модернизации водоподготовки и водного режима // Энергетика Беларуси. 2015. № 18. С. 6.
5. **Опыт** совершенствования технологий обессоливания воды на ТЭС / А.С. Седлов, В.В. Шищенко, Б.М. Ларин и др. // Электрические станции. 2010. № 10. С. 13—21.
6. **Внедрение** противоточной технологии UPCORE фирмы «Дау Кэмикал» (США) на ВПУ по обессоливанью ТЭЦ-12 МОСЭНЕРГО / И.И. Боровкова, И.С. Балаев, С.Л. Громов и др. // Электрические станции. 2000. № 5. С. 29—31.
7. **Громов С.Л.** Технологические преимущества процесса противоточной регенерации ионообменных смол UPCORE: промывка взрыхлением // Теплоэнергетика. 1998. № 3. С. 52—55.
8. **Опыт** НПК «МЕДИАНА-ФИЛЬТР» в области модернизации ВПУ в энергетике // Реконструкция энергетики. 2010. С. 121—123.
9. **Копылов А.С., Лаврыгин В.М., Очков В.Ф.** Водоподготовка в энергетике: учебное пособие для вузов. М.: Издательство МЭИ, 2003.
10. **Копылов А.С., Очков В.Ф.** Современные методы водоподготовки. Информационная и расчётная поддержка прогрессивных технологий // Водоочистка, водоподготовка, водоснабжение. 2008. № 0. С. 36—39.
11. **Копылов А.С., Очков В.Ф.** Информационное и расчётное обеспечение передовых технологий водоподготовки // Водоочистка, водоподготовка, водоснабжение. 2008. № 3. С. 41—43.
12. **Родина Е.В., Римашевская Е.Д.** Исследование программного проектирования ВПУ ТЭС и АЭС // Энергия-2015. 2015. Т. 1. С. 103—105.
13. **Родина Е.В., Римашевская Е.Д.** Исследование компьютерных программ проектирования ВПУ ТЭС и АЭС // Энергия 2015. Конкурс докладов по электроэнергетическим и электротехническим тематикам СИГРЭ // Вестник Российского национального комитета СИГРЭ. 2015. № 7. С. 76—80.
14. **Пример** реализации технологии UPCORE. [Электронный ресурс]. URL: <http://msdssearch.dow.com>
15. **Римашевская Е.Д.** Совершенствование малоотходных технологий ХВО // Актуальные проблемы энергетики. 2015. № 71. С. 254—227.
16. **Римашевская Е.Д.** Разработка малосточной ВПУ ТЭЦ // Электроэнергетика глазами молодежи. 2015 Т. 2. С. 358—363.

K.D. Rymasheuskaya

katiarim1993@gmail.com

Belarusian National Technical University, Minsk

IMPROVEMENT OF DESIGN OF MAKEUP WATER TREATMENT PLANTS OF THERMAL AND NUCLEAR POWER PLANTS WITH THE USE OF SOFTWARE TECHNOLOGIES

SUMMARY

The report is devoted to the peculiarities of the design of water treatment systems using software technologies. The main directions of water desalination technologies improving are analyzed. The comparative analysis of computer programs for the design of water treatment systems on the example of the design of low-waste makeup water treatment plants with use of various methods of demineralized water preparation is carried out.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ РАСЧЁТОВ КОТЛОВ-УТИЛИЗАТОРОВ ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

АННОТАЦИЯ

В докладе рассмотрены вопросы реализации компетенций для проектно-конструкторской деятельности выпускников по направлению подготовки бакалавриата 13.03.03 «Энергетическое машиностроение» при выполнении расчётных заданий в курсе «Камеры сгорания ГТУ и котлы-утилизаторы», а также перспективы использования программного комплекса для исследования режимных и конструктивных параметров котлов-утилизаторов ПГУ.

ВВЕДЕНИЕ

После освоения программы бакалавриата по направлению подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение» в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования [1] выпускник должен обладать набором различных общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций.

В данной работе рассматривается опыт приобретения ряда общепрофессиональных и профессиональных компетенций в рамках изучения дисциплины «Камеры сгорания ГТУ и котлы-утилизаторы», таких как:

- способность демонстрировать знание теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках;
- способность принимать и обосновывать конкретные технические решения при создании объектов энергетического машиностроения;
- способность участвовать в расчётных и экспериментальных исследованиях, проводить обработку и анализ результатов.

Данная дисциплина относится к вариативной части по выбору блока дисциплин основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) бакалавриата по профилю «Котлы, камеры сгорания и парогенераторы АЭС».

1. ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ГТУ И КОТЛЫ-УТИЛИЗАТОРЫ»

В работе [2] было показано, как задачи данной дисциплины решаются при выполнении типового расчёта камеры сгорания ГТУ. Следующим шагом стала разработка программного комплекса для тепловых расчётов котлов-утилизаторов в составе парогазовых энергетических установок (ПГУ).

Котлы-утилизаторы (КУ) предназначены для

использования энергии уходящих газов ГТУ. Эту энергию можно преобразовать в формы, полезные для потребителя, такие как горячая вода или перегретый пар для паровой турбины. Какой именно вид рабочего тела нужно получить на выходе из котла-утилизатора, в рамках курса задаёт преподаватель, выступающий в качестве «заказчика». Начальными параметрами для расчёта являются состав, расход и температура отходящих газов ГТУ. Студенту необходимо осознать, какие параметры рабочего тела можно получить, утилизируя имеющееся тепло, будут ли они удовлетворять требованиям «заказчика», как повысить коэффициент эффективности процесса передачи тепла. Для этого необходимо предложить тепловую схему, обеспечивающую, по мнению исполнителя-студента, возможность получения необходимых параметров рабочего тела, правильно подобрать значения начальных параметров рабочей среды на входе в КУ. С этой целью студенту необходимо, во-первых, выполнить несколько вариантов теплового расчёта на основе выбранной тепловой схемы, во-вторых, проанализировать полученные результаты и выяснить, подходит ли данная схема для выполнения поставленной задачи, при необходимости модифицировать её, в-третьих, выбрать оптимальный вариант и обосновать принятые в ходе расчёта технические решения, основываясь на теоретических и практических знаниях, полученных при изучении данной дисциплины.

Для реализации такого подхода, максимально приближенного к алгоритму работы проектировщика, был специально разработан программный комплекс для тепловых расчётов котлов-утилизаторов, который позволяет с минимальными временными издержками выполнять варианты расчёты и получать расчётные графические зависимости.

2. ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА

Программный комплекс (ПК) для проведения тепловых расчётов котлов-утилизаторов (КУ) содержит набор необходимых инструментов для быстрого построения тепловых схем и проведения вариантных расчётов разных типов и конструкций КУ (рис. 1).

В ПК присутствуют интерактивные «подсказки», которые включаются, если параметры введены некорректно или не входят в диапазон, реко-

мендуемый методикой расчёта.

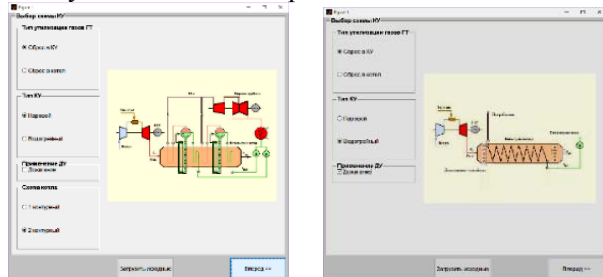


Рис. 1. Выбор тепловой схемы парогазовой установки

Отчёт по работе программы содержит графическое представление о тепловых процессах, протекающих в котле-утилизаторе, а также всю необходимую числовую информацию в табличном виде и список рекомендаций по итогам расчёта (рис. 2).

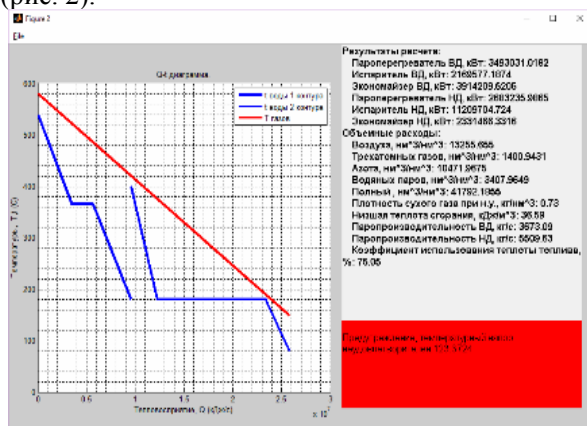


Рис. 2. График рабочего процесса

Использование программного комплекса позволяет снизить затраты времени на выполнение инвариантных расчётов, предоставить свободу выбора конструктивных и режимных параметров студенту, тем самым прививая навыки обоснованного принятия собственных решений. Полностью выполнив расчёт и защитив его, студент оказывается способным демонстрировать знание теоретических основ рабочих процессов, применять соответствующий физико-математического

аппарат для проведения теоретических исследований при решении профессиональных задач, принимать и обосновывать конкретные технические решения.

3. ПРИМЕНЕНИЕ В НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Данный программный комплекс предполагается использовать для исследования тепловых схем водогрейных и паровых КУ на докритические и сверхкритические параметры. Это позволит создать базу для проведения расчётно-теоретических исследований котлов-утилизаторов на СКД, а также развить у студентов способность участвовать в численных экспериментах, проводить обработку и анализ результатов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование ПК для теплового расчёта котлов-утилизаторов является перспективным при исследовании тепловых процессов, разработке тепловых схем и проектировании энергетического оборудования, а также даёт возможность применить более эффективный подход к подготовке специалистов в области энергетического машиностроения, развивая у них общепрофессиональные и профессиональные компетенции в соответствии с ФГОС ВО [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Федеральный** государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение» (уровень высшего образования: бакалавриат).
2. **Росляков П.В.** Совершенствование подготовки специалистов в области проектирования энергетического оборудования средствами информационных технологий // Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования — Инфорино—2014» (Москва, 15—16 апреля 2014 г.). М.: Издательство МЭИ, 2014. С. 269—272.

P.V. Roslyakov, A.Y. Lampel, J.S. Chudopal

RoslyakovPV@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

THE HEAT-RECOVERY BOILER THERMAL DESIGN SOFTWARE COMPLEX

SUMMARY

The report is devoted to the questions of competences realization for design and engineering activity of «Power engineering» bachelor degree graduates during performing of settlement tasks in the course «GTU combustion chambers and heat-recovery boilers», and also perspectives of program complex use for research of heat-recovery boilers regime and design parameters for CCGT.

КОМПЛЕКТ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ ТЕМАТИЧЕСКОЙ АНИМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «УПРАВЛЕНИЕ И ИННОВАТИКА В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ»

АННОТАЦИЯ

Доклад является отчётом о создании в среде компьютерной алгебры MathCAD комплекта прикладных программ тематической анимации к учебному пособию «Управление и инноватика в теплоэнергетике» по читаемым в НИУ «МЭИ» курсам «Теория автоматического управления» и «Численные методы оптимизации систем управления». Приведены примеры созданных программ.

ВВЕДЕНИЕ

Современные информационные технологии позволяют создавать эффективные инструменты для обучения, которые удачно дополняют «классический» учебно-методический комплекс (учебники, пособия, справочники, таблицы и т.д.). С помощью системы компьютерной алгебры MathCAD на кафедре АСУ ТП Национального исследовательского университета «МЭИ» был создан объёмный пакет программ тематической анимации к курсам «Теория автоматического управления» и «Численные методы оптимизации систем управления». Разработанный комплекс облегчает как процесс проведения лекционных и практических занятий преподавателем, так и процесс понимания и усваивания материала студентом.

1. ОПИСАНИЕ ВЫПОЛНЕННОЙ РАБОТЫ

MathCAD благодаря своей простоте и большим функциональным возможностям пользуется большой популярностью у студентов и преподавателей НИУ «МЭИ» [2]. Наличие в этом математическом пакете опции «Анимация» (Опция пока что недоступна в MathCAD Prime) позволило создать наглядные видеопримеры для следующих разделов учебного пособия «Управление и инноватика в теплоэнергетике»:

1. Понятие динамической системы;
2. Элементарные звенья;
3. Соединения элементарных звеньев;
4. Устойчивость и запас устойчивости;
5. Настройка ПИ-регулятора;
6. Настройка ПИД-регулятора;
7. Фазовые траектории;
8. Оптимизация;
9. Влияние нелинейностей на качество регулирования.

Наблюдать в динамике можно зависимость параметров динамической системы не только от времени, но и от любого другого параметра: частоты колебаний входного воздействия, коэффициента усиления объекта или регулятора, расположения корней характеристического уравнения системы и проч.

И эти наблюдения, анализ и изучение заявленных выше тем прививает будущему специалисту хорошее представление о физической и математической природе объектов управления и регуляторов, принципах построения и оптимизации АСР [1].

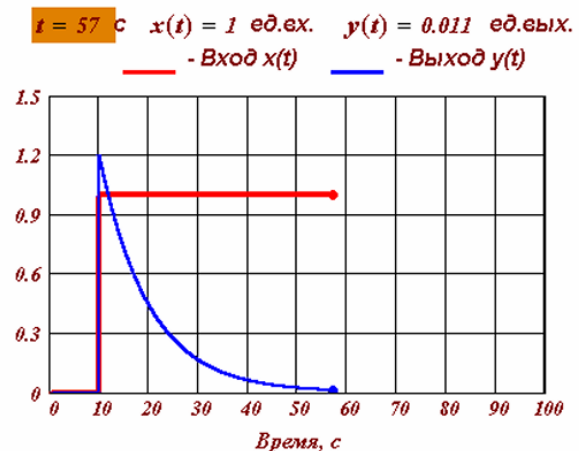
2. ПРИМЕРЫ СОЗДАННЫХ ПРОГРАММ

2.1. Элементарные звенья

При исследовании систем управления первоначальное значение приобретает характер преобразования сигналов в её отдельных элементах. Схемы систем управления, построенные по элементному принципу, называются структурными, а элементы таких структур — звеньями [3].

Среди всего разнообразия звеньев особого внимания заслуживают так называемые элементарные звенья, описываемые дифференциальными уравнениями не выше первого порядка [1].

Знакомство с ними можно упростить с помощью анимации двух типов: анализа переходного процесса во временной области и анализа частотных характеристик.



Для подробного изучения захватите курсором деижок калибратора и выберите время

Рис. 1. Кривая разгона РД-звена

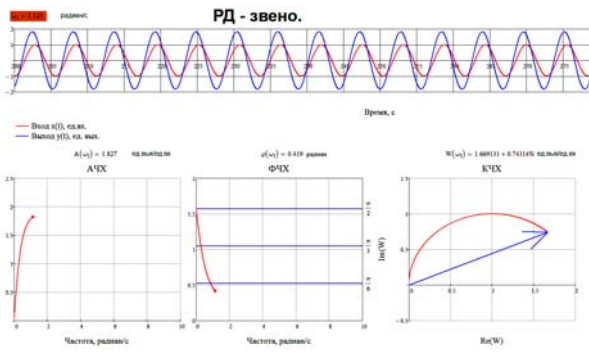


Рис. 2. Получение КЧХ РД-звена

В первом случае шаг анимации связан со временем, во втором — с частотой среза.

В качестве примера приведены кадры из обучающих видеороликов по РД-звену. Особенностью РД-звена является то, что сигнал на его выходе пропорционален скорости изменения сигнала на входе (рис. 1 и 2).

2.2. Соединение элементарных звеньев

Данный пример может облегчить знакомство студентов с методом экспериментального определения КЧХ системы. В данном методе необходимо найти две зависимости: АЧХ, определённую как зависимость от частоты входных колебаний отношения амплитуды выходных колебаний к амплитуде входных колебаний, и ФЧХ, определённую как зависимость от частоты входных колебаний фазового сдвига колебаний на выходе. Для этого необходим генератор низкочастотных гармонических колебаний и средства для измерения и регистрации колебаний на входе и выходе исследуемой динамической системы. Последовательно устанавливая на генераторе частоты записывают не менее двух периодов установившихся колебаний на входе и выходе исследуемого объекта регулирования. [1, 4] Чем больше проанализировано частот — тем плавнее будет выглядеть полученная КЧХ.

В среде MathCAD был создан генератор колебаний и была задана имитационная модель, что позволило получить наглядную анимацию для любого разумного диапазона частот.

Для примера ниже приведены кадры с видеоклипа про параллельное соединение А- и И-звеньев. При создании данной анимации в среде MathCAD шаг анимации был привязан к частоте входных колебаний (рис. 3 и 4).

В ходе обучения студент может передвигать ползунок, меняя частоту, и наблюдать, как меняются колебания на выходе и характер изменения КЧХ системы из двух элементарных звеньев.

Сложность системы ограничена только фантазией студента. После небольшой подготовки он способен сам редактировать имитационную модель, меняя как количество и тип звеньев, так и способы их взаимного соединения.

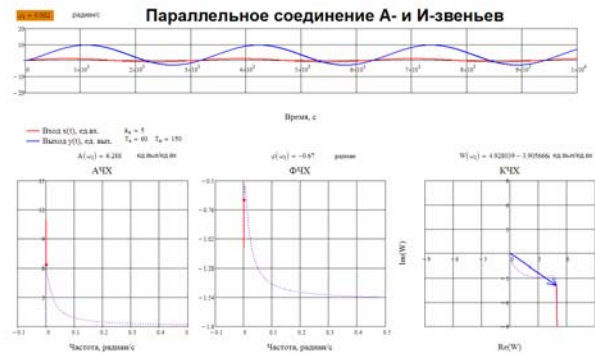


Рис. 3. Получение КЧХ системы из двух звеньев ч. 1

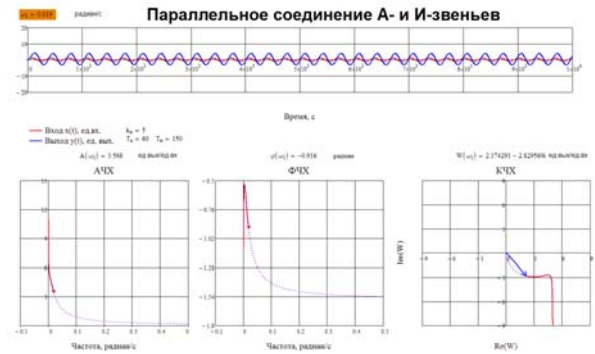
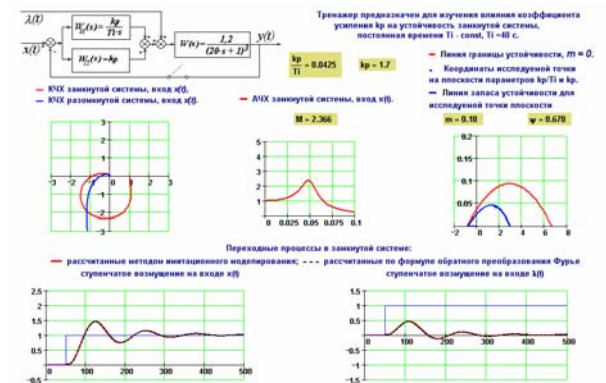


Рис. 4. Получение КЧХ системы из двух звеньев ч. 2

2.3. Устойчивость и запас устойчивости

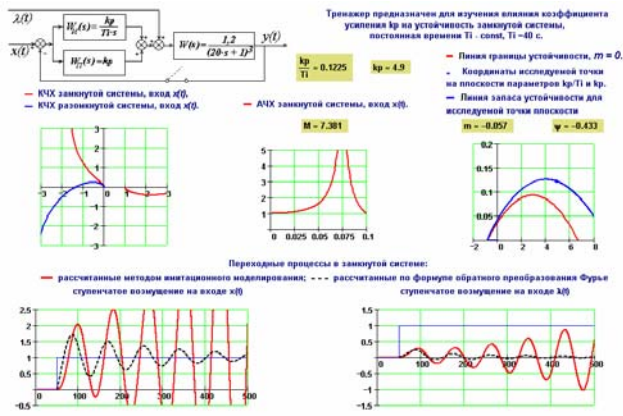
Под устойчивостью понимается способность динамических систем возвращаться в исходное установившееся состояние после снятия внешних воздействий. Устойчивость не является абсолютным свойством системы и зависит от её параметров. Изменяя параметры, можно вывести систему из устойчивого состояния и наоборот. С понятием устойчивости динамической системы студента можно познакомить с помощью тренажёра (рис. 5 и 6).

Пусть задан объект регулирования как три последовательно соединённых А-звена, и есть ПИ-регулятор. С помощью перемещения ползунка студент может изменять коэффициент усиления регулятора и наблюдать, как меняется устойчивость системы.



Для подробного изучения нажмите на опцию кнопки "Останов", захватите курсором движок контроллера и установите требуемое значение K_p .

Рис. 5. Система устойчива



Для подробного изучения нажмите на левую кнопку "Останов", захватите курсором движок калибратора и установите требуемое значение k_p .
Рис. 6. Система неустойчива

2.4. Настройка ПИД-регулятора

Под настройкой системы регулирования понимается перечень расчётных и экспериментальных работ, направленных на поиск настроечных параметров регулятора, обеспечивающих заданное качество регулирования, организацию и проведение натурных испытаний на действующем производстве или расчётных экспериментах для подтверждения оптимальности выбранных параметров [1].

В созданном пакете прикладных программ тематической анимации много внимания уделено вопросам настройки ПИД-регулятора. Проанализированы различные зависимости. Ниже представлены кадры из видеонализа влияния частоты резонанса при $m = \text{const}$ и $kd = \text{const}$ на качество регулирования (рис. 7 и 8).

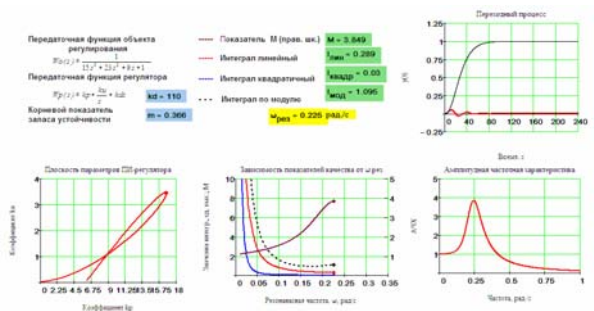


Рис. 7. Минимум квадратичного интеграла

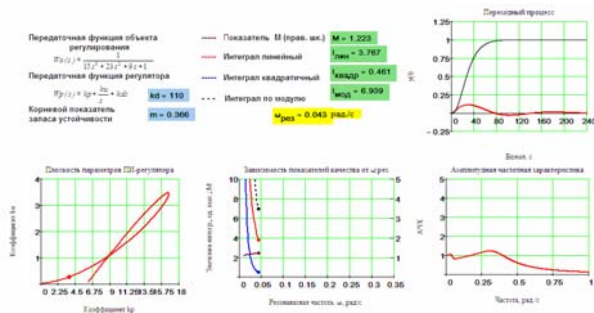


Рис. 8. Неоптимальные параметры регулятора

2.5. Оптимизация

При поиске оптимальных параметров ПИ-регулятора при ограничении на степень затухания можно использовать метод деформируемого многогранника Нелдера—Мида [1, 5]

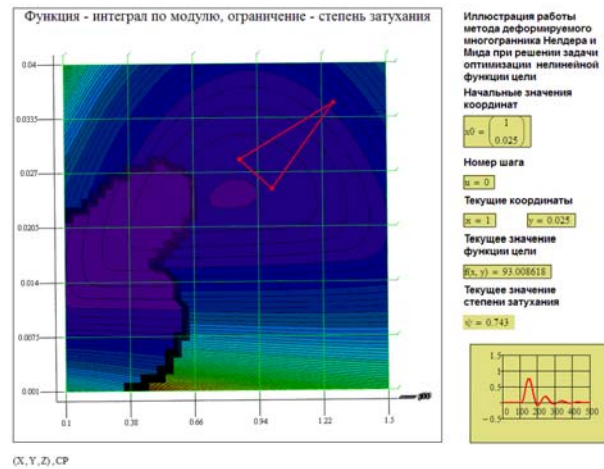


Рис. 9. Начало оптимизации

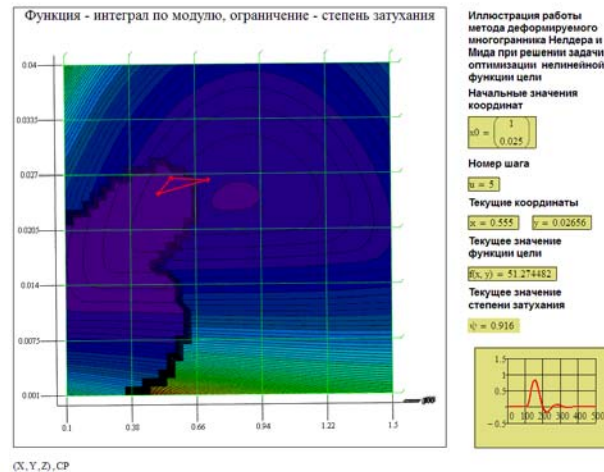


Рис. 10. Процесс оптимизации

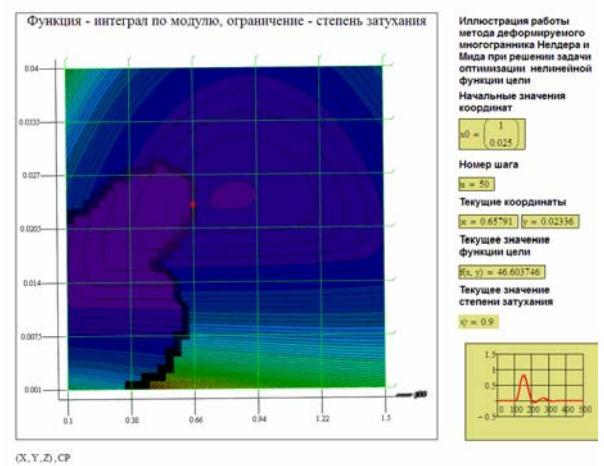


Рис. 11. Оптимизация завершена

Средствами программирования MathCAD была создана имитационная модель системы с помощью рекуррентных выражений. На вход этой системы подаются параметры регулятора, на выходе мы получаем значение критерия качества, график переходного процесса и его степень затухания. Идея метода деформируемого многогранника состоит в целенаправленном изменении координат вершин симплекса (треугольника для случая настройки ПИ-регулятора) по определённому закону при движении к точке с экстремальным значением функции цели. А функцией цели выбран интеграл по модулю переходного процесса.

При создании анимации в среде MATHCAD за шаг анимации был взят шаг симплекса. И мы получили возможность видеть, как из начальных неоптимальных параметров регулятора, мы добрались до оптимальных с выполнением заданного ограничения на степень затухания. На каждом шаге можно видеть и численное значение показателя качества и качественно оценивать вид переходной характеристики. На следующих картинках можно увидеть первый кадр, шестой кадр и финальный кадр из этого видео, где вершины симплекса сжались к найденной точке оптимальных значений (рис. 9—11).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Использование анимационных роликов в процессе обучения позволяет облегчить понимание предмета, увеличить интерес студентов к изучаемому предмету. В данном случае работает принцип «Лучше один раз увидеть, что сто раз услышать», только никто не ограничивает студенту количество просмотров.

2. С помощью созданных анимационных роликов можно наглядно продемонстрировать не только некое теоретическое понятие или формулу, но и работу целых алгоритмов, например поиск оптимальных настроек регулятора с помощью имитационного моделирования и метода Нелдера — Мида (перемещение симплекса в пространстве).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Андрюшин А.В., Сабанин В.Р., Смирнов Н.И.** Управление и инноватика в теплоэнергетике: учебное пособие. М.: Издательский дом МЭИ, 2011. 392 с.
2. **Очков В.Ф.** MathCAD 14 для студентов и инженеров: русская версия. СПб: БХВ-Петербург, 2009. 512 с.
3. **Плетнёв Г.П.** Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике. М.: Издательский дом МЭИ, 2007. 352 с.
4. **Сабанин В.Р., Смирнов Н.И., Репин А.И.** Элементарные динамические звенья, их соединения и устойчивость: лабораторный практикум. М.: Издательский дом МЭИ, 2007. 97 с.
5. **Nelder J.A., Mead R.** A simplex Method for Function Minimization // Computer J. 1964. No 7. P. 308—313.

V.R. Sabanin, A.A. Kosoy, Y.V. Kalinina

sabaninvr@mpei.ru; kosoyanatoliy@yandex.ru; yanakalinina1993@ya.ru
National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

SOFTWARE KIT CONTAINING ANIMATIONS IN SUPPORT OF THE EDUCATIONAL PROCESS ON THE DISCIPLINE «MANAGEMENT AND INNOVATION IN HEAT AND POWER ENGINEERING»

SUMMARY

This report documents the establishment of animated materials created in the computer algebra environment, MathCAD, as a supplement to the textbook «Management and Innovation in Power» which is being presented during the courses «Automatic Control Theory» and «Numerical Methods of Optimization of Control Systems» Examples of created programs.

УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МЕТОДОВ НАСТРОЙКИ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАГРУЗКИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ ПАРОВОГО КОТЛА С ЭКСТРЕМАЛЬНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён рассмотрению динамической нелинейной имитационной модели парового котла со связанной схемой автоматического регулирования нагрузки и экономичности. Модель предлагается использовать как численный компьютерный инструмент для обучения студентов методам настройки систем регулирования нагрузки и экономичности парового котла с экстремальным регулятором. В докладе изложены цель и требования к качеству работы нелинейного экстремального регулятора в системе с линейными регуляторами. Показаны графики переходных процессов и фазовые траектории при работе системы регулирования без экстремального и с экстремальным регулятором. Имитационная модель создана в пакете визуального блочного моделирования Simulink матричной системы MatLab.

ВВЕДЕНИЕ

Известным показателем эффективности процесса сжигания органического топлива является коэффициент избытка воздуха α , оптимальное значение которого в эксплуатации котлов выдерживается соотношением расходов топлива и воздуха. Экономичность работы котлов снижается как при избытках, так и при дефиците требуемого для горения воздуха. Как показали обследования котельных и теоретические расчёты [1, 2] при выработке котлом заданного постоянного количества тепла расход затраченного топлива зависит от расхода воздуха. На рис. 1 показан характер связи расходов топлива и воздуха для трёх значений нагрузок котла (расходов вырабатываемого пара с постоянными давлением и температурой).

Графики на рис. 1 являются номограммой плоскости параметров управления нагрузкой (расходом вырабатываемого пара) и экономичностью режима сжигания топлива. Из плоскости параметров видно, какой следует установить расход воздуха, чтобы котел, вырабатывая требуемый расход пара (например, кривая 2), потреблял минимальное количество топлива.

Существующим в настоящее время методом для оптимизации процесса горения является регулирование расхода воздуха в следящем режиме от расхода топлива. Для этого в процессе наладки котлов составляются режимные карты, отражающие зависимость расходов для оптимального режима горения. Однако при сжигании попутных

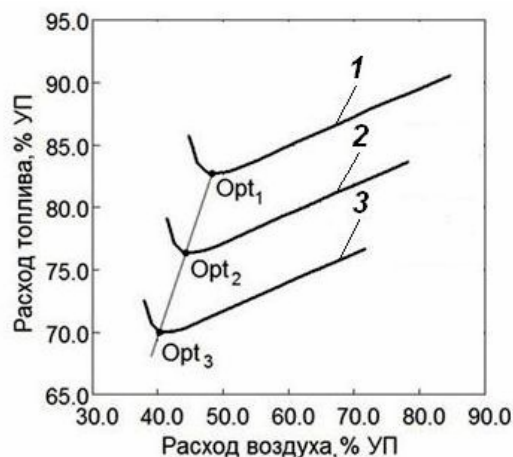


Рис. 1. Плоскость параметров управления нагрузкой и экономичностью парового котла

газов и новых композитных горючих жидкостей с неизвестной и изменяющейся во времени теплотой сгорания топлива режимные карты становятся бесполезными. Особенно это заметно при эксплуатации старых изношенных котлов с неизвестными характеристиками. Поэтому на таких котлах для исключения недожога топлива и выбросов с дымовыми газами оксида углерода СО котлы эксплуатируются при больших избытках воздуха.

На кафедре АСУТП НИУ «МЭИ» разработан и исследуется метод регулирования нагрузки и экономичности парового котла с использованием экстремального регулятора.

Экстремальный регулятор — новый и перспективный элемент техники регулирования, разработанный для применения в схемах регулирования технологических процессов в теплоэнергетике [3]. По структуре построения он является нелинейным динамическим звеном, и изучение его работы и методов настройки является одним из важных направлений в учебном процессе специалистов по автоматизации. При изучении динамической модели парового котла с системой управления студенты осваивают методы имитационного моделирования сложных динамических систем с линейными и нелинейными свойствами.

Имитационная динамическая математическая модель парового котла с системой регулирования нагрузкой и экономичностью с экстремальным регулятором создана в программной среде матричной системы MatLab Simulink.

1. ИМИТАЦИОННАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ НЕЛИНЕЙНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПАРОВОГО КОТЛА СО СВЯЗНОЙ СИСТЕМОЙ РЕГУЛИРОВАНИЯ С ЭКСТРЕМАЛЬНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ

На рис. 2 показана структурная схема учебно-исследовательского программного комплекса для изучения методов настройки системы регулирования нагрузки и экономичности парового котла с экстремальным регулятором.

Модель содержит нелинейные и линейные статические и динамические элементы. Нелинейными элементами модели являются статические модули процесса горения «Процесс горения» и формирования сигнала по расходу топлива по функции режимной карты «Режимная карта», а также динамический модуль преобразования сигнала по расходу топлива по экстремальному алгоритму «Экстремальный регулятор». Остальные модули реализуют линейные передаточные функции элементов имитационной модели.

Для проведения численных экспериментов модель оснащена генераторами детерминированных и случайных возмущений по нагрузке котла (расхода потребляемого пара) и по свойствам топлива и характеристикам состояния оборудования котла.

Отличием схемы на рис. 2 от известных схем следящего регулирования является узел связи входа регулятора расхода воздуха с расходом топлива B_T . Расход топлива на входе регулятора масштабируется коэффициентом K , который является суммой двух слагаемых:

$$K = k_0 + \Delta k . \quad (1)$$

Первое слагаемое является текущим значением функции от расхода топлива из режимной карты:

$$k_0 = f(B_T) . \quad (2)$$

Второе слагаемое Δk является выходным сигналом экстремального регулятора.

Экстремальный регулятор вносит возмущения на вход регулятора расхода воздуха. Изменения расхода воздуха V_V приводят к изменению выработки перегретого пара $G_{пп}$. При этом нарушается баланс между вырабатываемым и отбираемым паром и изменяется давление пара на выходе котла $P_{пп}$. Восстановление давления пара регулятор изменит расход топлива B_T .

Анализируя реакцию регулятора расхода топлива, экстремальный регулятор выбирает направление изменения расхода воздуха в ту сторону, чтобы, вырабатывая требуемый расход пара, котел потреблял минимальное количество топлива.

У экстремального регулятора три настроечных параметра:

- длительность импульса на выходе Δt , с;
- скорость интегрирования импульсов в выходном интеграторе командного блока s , %/с;
- порог нечувствительности входа экстремального регулятора ΔH , %.

Работает экстремальный регулятор как обычный регулирующий блок регулятора с импульсным выходом. Только для него нет понятия заданного значения регулируемой величины и нет задающего устройства. Отличием экстремального

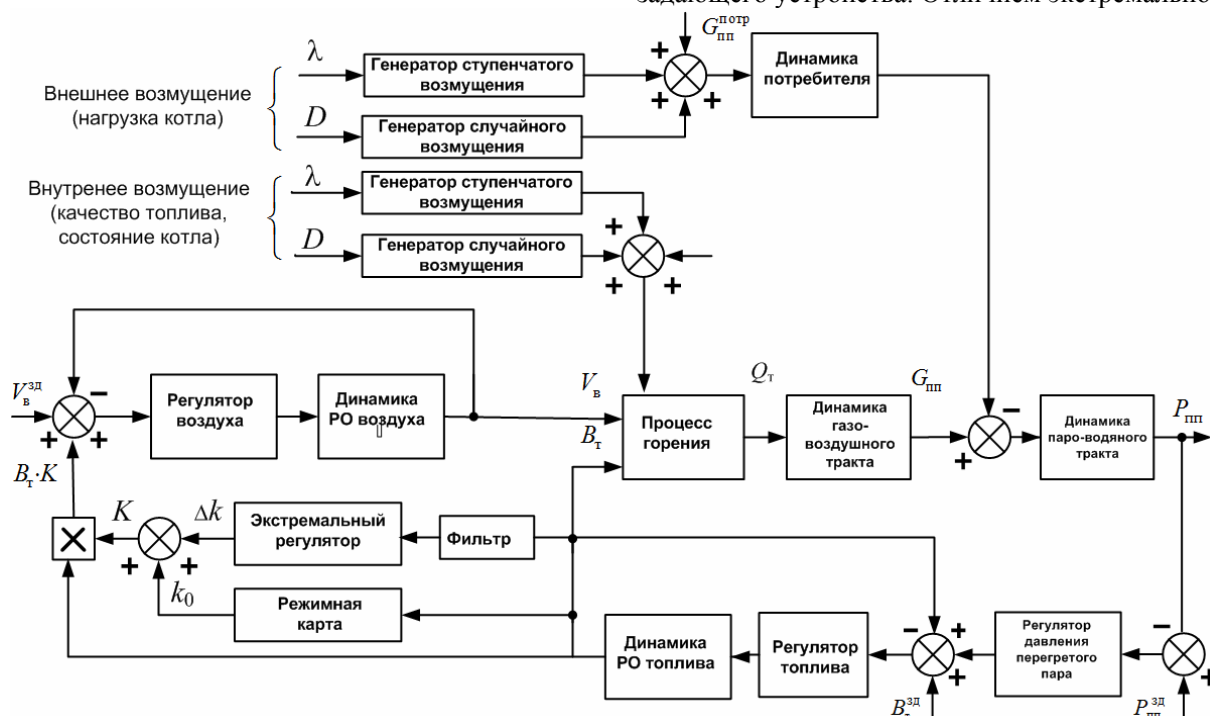


Рис. 2. Структурная схема имитационной модели парового котла со связанной системой регулирования с экстремальным регулятором

регулятора от обычного является его интеллект при выборе знака регулирующего воздействия. Он не просто в противофазе компенсирует отклонение регулируемой величины, а выбирает знак регулирующего воздействия для движения его к оптимуму.

В настоящее время не существует формализованных методов оценки качества работы и алгоритмов поиска оптимальных параметров для шаговых экстремальных регуляторов.

Целью учебно-исследовательского программного комплекса является изучение студентами:

- принципов построения и качества работы традиционных схем регулирования паровых котлов;
- принципа работы экстремального регулятора в схеме регулирования парового котла;
- освоение методов планирования экспериментов при исследовании влияния параметров экстремального регулятора на качество и устойчивость работы схемы регулирования котла;
- изучение степени взаимного влияния настроечных параметров линейных регуляторов и нелинейного экстремального регулятора.

Ниже показаны некоторые результаты исследования работы традиционной штатной схемы регулирования котла при действии ступенчатого возмущения по отбираемому пару и при ступенчатом изменении теплоты сгорания топлива и характеристик котла.

Параметры для регуляторов расходов топлива и воздуха и давления пара в численной модели были рассчитаны на предельную апериодическую устойчивость предложенным в [4] аналитическим методом. Затем, при настроенных регуляторах расходов топлива и воздуха, параметры регулятора давления пара были уточнены опцией «PID-tuner» в программной среде MatLab [5].

2. ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПО РАСХОДАМ ТОПЛИВА, ВОЗДУХА, А ТАКЖЕ ДАВЛЕНИЯ И РАСХОДА ВЫРАБАТЫВАЕМОГО ПАРА ПРИ СТУПЕНЧАТОМ ВОЗМУЩЕНИИ РАСХОДА ОТБИРАЕМОГО ПАРА НА 10 %

Пунктиром на рис. 3 показаны графики процессов при отключённой связи входа регулятора расхода воздуха от расхода топлива.

3. ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ СТУПЕНЧАТОМ ИЗМЕНЕНИИ ТЕПЛОТЫ СГОРАНИЯ ТОПЛИВА И СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ КОТЛА

Изменение теплоты сгорания топлива и состояния оборудования котла приводит к изменению показанной на рис. 1 линии равной выработки пара на плоскости параметров управления котла.

На рис. 4 показан фрагмент такой плоскости в окрестности оптимальной точки. На плоскости

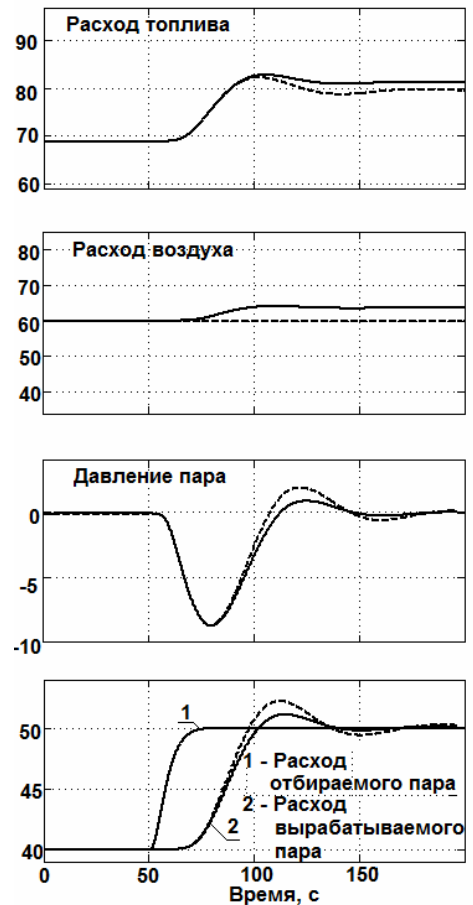


Рис. 3. Переходные процессы на котле, регулируемом штатной схемой регулирования без экстремального регулятора

показана начальная линия St_0 с оптимальной точкой 0 и линия после ступенчатого изменения теплоты сгорания и состояния оборудования котла St с оптимальной точкой 3.

И ещё на плоскости показаны: линия L^{PK} , которая в следящем режиме связывает расходы воздуха с расходами топлива. Эта связь расходов топлива и воздуха по функции режимной карты. Для работы экстремального регулятора установлен допустимый диапазон снижения коэффициента избытка воздуха α . Ограничение задано линией $L^{огр}$.

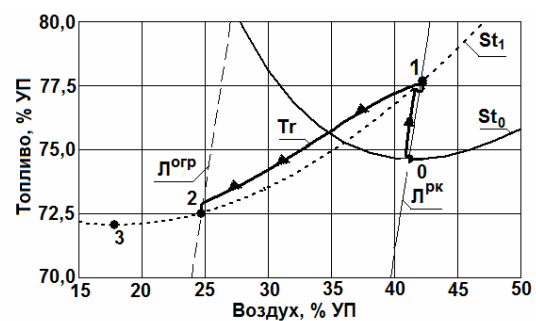


Рис. 4. Фрагмент плоскости параметров управления котла с фазовой траекторией процесса оптимизации режима горения экстремальным регулятором

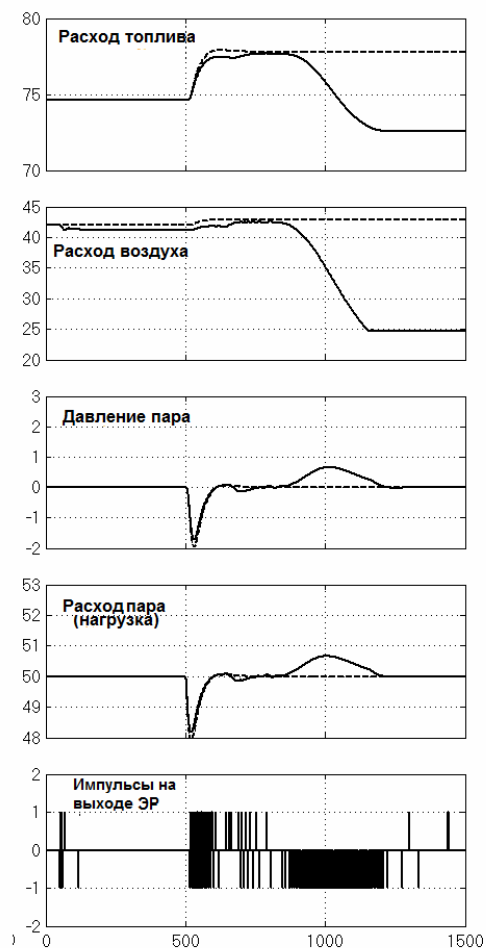


Рис. 5. Графики переходных процессов работы схемы регулирования котла с экстремальным регулятором

Линией со стрелками показана фазовая траектория изменения расходов топлива и воздуха при оптимизации режима горения. Из траектории видно, что сначала, для того чтобы восстановить заданную выработку пара регулятор расхода топлива по линии режимной карты L^{PK} переводит режим горения в точку 1. При этом следящий

регулятор расхода воздуха отслеживает изменение расхода топлива.

Затем начинает работать экстремальный регулятор. Он по линии состояния St_1 доводит процесс до ограничения в точке 2, лежащей на линии $L^{огр}$.

На рис. 5 показаны графики переходных процессов в системе регулирования. На нижнем графике показана работа шагового экстремального регулятора. Видно, что частота импульсов зависит от интенсивности изменения оптимизируемой величины (расхода топлива).

Для сравнения пунктирными линиями показаны графики переходных процессов в системе регулирования без экстремального регулятора. Из графиков расходов топлива виден эффект от экстремального регулятора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная в докладе работа является комплексной целевой учебно-исследовательской работой для студентов, обучающихся по программе магистров по специальности «Автоматизация технологических процессов и производств».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Совершенствование** режимно-наладочных работ на котлах малой и средней мощности / В.Р. Сабанин, В.И. Кормилицын, В.И. Костык, М.А. Волков // Энергосбережение и водоподготовка. 2013. № 6 (86).
2. **Регулирование** нагрузки и обеспечение экономичности паровых котлов с экстремальным регулятором / В.Р. Сабанин, В.И. Кормилицын, В.И. Костык и др. // Теплоэнергетика. 2014. № 12.
3. **Сабанин В.Р., Коптев В.С., Кормилицын В.И.** Командный блок для экстремального регулятора // Патент РФ № 2475797, опубл. 20.02.2013.
4. **Татаринов А.В., Цирлин А.М.** Предельная степень апериодической устойчивости и линейных систем и выбор параметров промышленных регуляторов // Моделирование и анализ информационных систем. 2012. Т. 19. № 2. С. 87—96.
5. **Дьяконов В.П.** Simulink 5/6/7: Самоучитель. М.: ДМК-Пресс, 2008. 784 с.: ил.

V.R. Sabanin, A.A. Starostin

SabaninVR@mpei.ru; StarostinAA@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

EDUCATIONAL AND RESEARCH PROGRAM COMPLEX FOR STUDYING OF METHODS OF CONTROL OF SYSTEM OF REGULATION OF LOADING AND PROFITABILITY OF THE BOILER WITH THE EXTREME REGULATOR

SUMMARY

The report is devoted to consideration of dynamic nonlinear imitating model of the boiler with the coherent scheme of automatic control of loading and profitability. The model is offered to be used as the numerical computer tool for training of students in methods of control of systems of regulation of loading and profitability of the boiler with the extreme regulator. In the report the purpose and requirements to quality of operation of the nonlinear extreme regulator in system with linear regulators are stated. Schedules of transition processes and phase trajectories are shown during the work of system of regulation without extreme and with the extreme regulator. The imitating model is created in a package of visual block modeling of Simulink of matrix MatLab system.

Е.Д. Сальников, Т.В. Савицкая

Agrass3840@gmail.com; Savisk@muctr.ru

ФГБОУ ВО Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева, Москва

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ СИНТЕЗА МНОГОАССОРТИМЕНТНЫХ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены особенности решения задач синтеза многоассортиментных химико-технологических систем (ХТС) и основные критерии оптимизации данных задач. Приведена математическая постановка задачи и разработанные алгоритмы. Показаны функциональные возможности разработанного программного обеспечения для решения задач синтеза многоассортиментных ХТС.

ВВЕДЕНИЕ

В последние 30 лет тенденция развития отечественной и зарубежной практики химической технологии связана с развитием гибких технологий, т.е. организацией выпуска большого ассортимента продуктов на едином оборудовании, работа которого перестраивается на нужную программу в зависимости от вида вырабатываемой в данный период времени продукции. Такие химико-технологические системы (ХТС) являются гибкими или совмещёнными и позволяют значительно экономить время и средства при выпуске новой продукции. В последнее время они активно внедряются в практику отечественной и зарубежной промышленности. Можно отметить, что первоначальное своё развитие они нашли в машиностроении и самолётостроении, где имеется значительный теоретический и практический опыт. Однако специфика химической промышленности такова, что успехи этих отраслей не могут быть автоматически перенесены для их практического использования.

В настоящее время большинство программных пакетов созданы для построения, моделирования и отладки технологических схем в химической, энергетической и нефтехимической промышленности. Каждый программный пакет можно назвать уникальным, так как компании-производители стремятся привлечь клиента дополнительными возможностями своих продуктов. CADSIM Plus [1], ProSimPlus [2] и CHEMCAD [3] дают возможность инженеру моделировать не только всю технологическую схему, но и её отдельный участок, чтобы избежать расчёта всей технологической схемы, так как процесс может быть очень длительным. USIM PAC [4] и CADSIM Plus дают подсказки по энергосбережению, вопросам утилизации, обработки и хранения отходов. AspenONE [5] в отличие от других программ поддерживает не только ОС Windows,

но и Mac OS, а также мобильные платформы такие как Android и iOS.

В связи с тем, что большинство коммерческих продуктов имеют платную лицензию, было принято решение разработать собственное программное обеспечение для использования в учебном процессе.

Доклад посвящён разработке собственного и конкурентоспособного комплекса программного обеспечения для решения задач синтеза многоассортиментных ХТС.

1. ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА МНОГОАССОРТИМЕНТНЫХ ХТС

Развитие химической технологии в настоящее время связано с переходом на гибкие блочно-модульные установки, производящие широкую гамму технологически подобной продукции.

Для таких установок характерны дискретные и полунепрерывные способы функционирования производства.

Однако в виду сложности задачи, связанной с высокой размерностью, а также отсутствием стандартных методов решения, многие исследователи идут на ряд упрощений (использование одного аппарата на стадии, полное совпадение маршрутов получения продуктов, задание местоположения согласующих ёмкостей, учёт изменения длительности технологических стадий от количества перерабатываемой массы, выполнение лишь поверочного теплового расчёта синтезируемой схемы, установка параллельных только однотипных аппаратов на стадиях), решая частные задачи синтеза (поиск оптимальной структуры, определение параметров схемы, составление календарного плана работы синтезируемых производств и т.д.).

Использование подобных упрощений не только не соответствует реальной природе физико-химических явлений, но и может оказывать существенное влияние на конечные результаты, т.е. на структуру и параметры синтезируемой схемы производства.

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ СИНТЕЗА МНОГОАССОРТИМЕНТНЫХ ХТС

Обобщённая задача синтеза ХТС формулируется следующим образом. Для заданной производительности PR_i по целевым продуктам $i \in N$, где N — количество продуктов, в течение планового

срока $T_{пл}$ при известных длительностях технологических циклов работы аппаратов τ_{ij} , постадийных материальных индексах s_{ij} , определить оптимальное аппаратное оформление ХТС, т.е. тип и число параллельных аппаратов на стадиях, их объёмы $V_j(j \in M)$, где M — общее количество аппаратов, для аппаратов периодического действия или другие размеры (поверхности $F_j(j \in M)$ для аппаратов полунепрерывного действия, местоположение и объёмы согласующих ёмкостей $V'_j(j \in M-1)$), обеспечивающих минимум критерия оптимальности.

За критерии оптимальности взяты капитальные затраты на схему:

$$KZ = f(\overline{V}_j, \overline{N}_j) \rightarrow \min,$$

где $\overline{V}_j = [V_j, F_j, V'_j]$, $\overline{N}_j = [N_j, N'_j, N''_j]$ — размеры аппаратов периодического полунепрерывного действия, ёмкостей и количества всех типов оборудования при ограничении на срок выпуска заданного ассортимента продукции.

Обобщённая математическая постановка задачи синтеза многоассортиментных химических производств включает систему соотношений математической модели, ограничений $\Omega(S)$ на производственную ситуацию S , критерий оптимальности, а именно капитальные затраты на схему KZ и собственно математическую постановку задачи, которая полностью отражает специфику гибких многоассортиментных производств [6]:

$$\begin{aligned} & \{q_i^{opt}\} = \\ & = \underset{q_i \in [q_i^{\min}, q_i^{\max}]}{\text{Arg min}} \left\{ KZ(\overline{V}_j, \overline{N}_j) \mid KZ(\overline{V}_j, \overline{N}_j) \in \Omega(S) \right\}. \end{aligned}$$

Основные ограничения на время выпуска ассортимента, характеризующие соблюдение директивных сроков для любого способа наработки ассортимента):

общее время выпуска ассортимента

$$T_g = \sum_{j=1}^{L-1} \tau_{ij} + \sum_{i=1}^N \frac{PR_i}{q_i} \tau_{ij} + \sum_{j=L+1}^M \tau_{Nj}, \quad (1)$$

где длительность лимитирующей стадии

$$\tau_{li} = \max_{j=1, M} \left\{ \frac{\tau_{ij}}{N_j} \right\}, i = \overline{1, N};$$

общее время выпуска ассортимента T_g не должно превышать планового срока выпуска ассортимента $T_{пл}$:

$$T_g \leq T_{пл}. \quad (2)$$

Расчёт размеров основных аппаратов

Для расчёта основных размеров аппаратов необходимо найти постадийный материальный индекс s_{ij} :

$$s_{ij} = \frac{s_{ij}^{вх/вых}}{\rho_{ij}^{вх}} + \frac{s_{ij}^{доб/вых}}{\rho_{ij}^{доб}}, \quad (3)$$

где расходные коэффициенты $s_{ij}^{вх/вых}$ и $s_{ij}^{доб/вых}$ характеризуют соответственно отношение входного потока на j -ю стадию в производстве i -го продукта $G_{ij}^{вх}$ к выходному $G_{ij}^{вых}$ и суммарного добавочного потока $G_{ij}^{доб}$ к выходному:

$$s_{ij}^{вх/вых} = \frac{G_{ij}^{вх}}{G_{ij}^{вых}}, s_{ij}^{доб/вых} = \sum_{k=1}^B \frac{G_{ijl}^{доб}}{G_{ij}^{вых}},$$

для аппаратов периодического действия (АПД):

$$\max \left\{ \frac{s_{ij} q_i}{\overline{\Phi}_{ij}} \right\} \leq V_j \leq \min \left\{ \frac{s_{ij} q_i}{\underline{\Phi}_{ij}} \right\}, \quad (4)$$

где $\overline{\Phi}_{ij}$ и $\underline{\Phi}_{ij}$ — соответственно верхние и нижние коэффициенты заполнения аппаратов, $j \in M$ и $i \in N$;

для аппаратов полунепрерывного действия (АПНД):

$$P_{ij} \geq \frac{s_{ij} q_{ij}}{F_i \tau_{ij}}, \quad (5)$$

где индекс $lj = 1, \dots, l_j$ показывает количество стадий, работающих в полунепрерывном режиме; P_{ij} — удельная производительность оборудования полунепрерывного действия.

Расчёт объемов промежуточных емкостей

При $\tau_{j-1} \geq \tau_j$

$$V'_{ij} \geq v_{ij}^{вых}; \quad (6)$$

при $\tau_j < \tau_{j+1}$

$$V'_{ij} \geq v_{ij}^{вых} \frac{N_j \tau_{j+1}}{N_{j+1} \tau_j}; \quad (7)$$

$$V'_j = \max \{V'_{ij}\},$$

где $V'_j, j \in M$ — требуемый объём ёмкости после стадии для всего ассортимента продуктов, $i \in N$

Условия целочисленности и дискретности:

$$(N_j, N'_j, N''_j) = integer; \quad (8)$$

$$(V_j, V'_j, P_{ij}) = discr. \quad (9)$$

3. ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ «SOF CES»

Для решения задач синтеза гибких и индивидуальных ХТС с критерием по капитальным затратам был разработан программный модуль «SoF CES» (SoF CES — «Synthesis of Flexible

Chemical Engineering Systems» (от англ. Синтез гибких химико-технологических систем)).

Данный программный модуль написан на языке Delphi в интегрированной среде разработки приложений — Delphi XE8.

Для работы программного модуля были разработаны и интегрированы множество разнообразных алгоритмов, наиболее важные из них:

- алгоритм расчёта постадийного материального индекса [соотношение (3)];
- алгоритм формирования принципиальной структуры многоассортиментной ХТС и расчёта материальных балансов (расчёт всех материальных потоков для каждой стадии всего ассортимента продукции исходя из конечного размера партии на выходе ХТС и формирования маршрутов выпуска продуктов);
- алгоритм расчёта постадийных объёмов потоков (рассчитывается объём входящего и выходящего потоков для каждой стадии всего ассортимента продукции);
- алгоритм определения подходящего размера ёмкости [соотношения (6) и (7)];
- алгоритм определения подходящего АПД [соотношение (4)];
- алгоритм определения подходящего размера АПНД [соотношение (5)];
- алгоритм расчёта стоимости оборудования (стоимость оборудования рассчитывается исходя из данных, которые заполнил пользователь в разделе «Стандартные ряды аппаратов»).

Данный программный модуль апробирован в учебном процессе: был протестирован магистрантами, изучавшими данный курс или аналогичные дисциплины, связанные с синтезом ХТС.

На рис. 1 представлен главный интерфейс программного модуля. Заполнение исходных данных было разделено на девять этапов (шагов), которые включают плановый срок выпуска продукции, количество продуктов, количество стадий, производительность схемы, коэффициенты заполнения аппаратов, стандартные ряды аппаратов (их размеры и стоимость), длительности стадий и многие другие параметры, необходимые для полного расчёта.

Пример заполнения исходных данных можно увидеть также на рис. 1. Графическо-пользовательский интерфейс (GUI — Graphical User Interface) разделён на две части: левая — для заполнения исходных данных и правая — для удобной проверки правильности заполнения, а также для предварительного просмотра формирующегося отчёта в процессе заполнения исходных данных и вычисления.

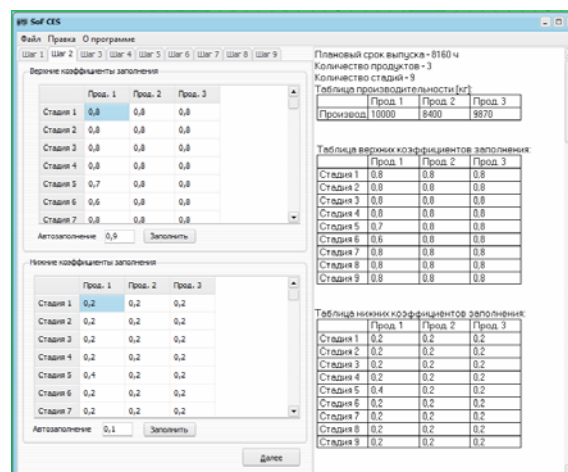


Рис. 1. SoF CES. Интерфейс (Заполнение исходных данных)

На рис. 2 представлен пример результатов синтеза ХТС. В процессе вычисления программный модуль выводит на экран не только конечные результаты (капитальные затраты на схему, ёмкости и аппараты в отдельности, количество партий продуктов, время выпуска продукции), но и промежуточные данные, такие как коэффициенты заполнения аппаратов и ёмкостей (при их наличии), таблицы материальных потоков и многое другое).

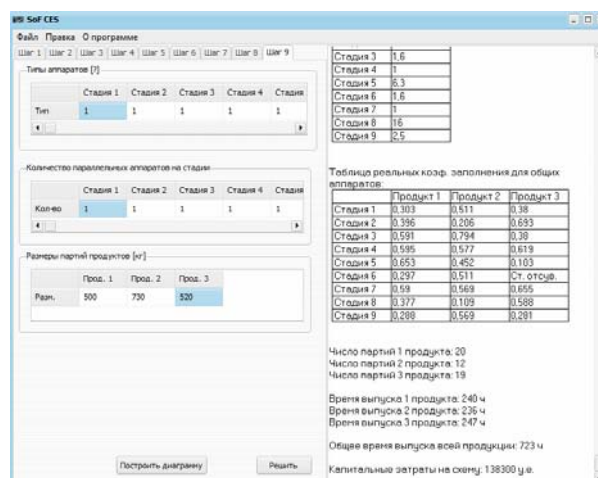


Рис. 2. SoF CES. Расчёт с промежуточной ёмкостью

Также в разработанном программном обеспечении реализован модуль построения диаграмм Ганта (рис. 3), интегрированы подсказки (рис. 4) на всём процессе заполнения исходных данных, с целью сделать GUI максимально интуитивно понятным реализованы возможности сохранения/загрузки введённой пользователем информации. Предусмотрена возможность сохранить отчёт, который формируется и отображается в правой части GUI на протяжении всего процесса работы с программой в удобном читаемом формате RTF.

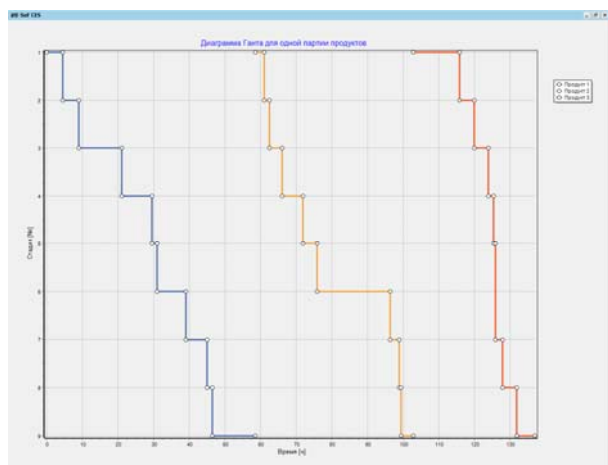


Рис. 3. SoF CES. Диаграмма Ганта для трёх продуктов

Количество типов оборудования: 1

Таблица стандартного оборудования [?]

Таблица заполняется (размер):(цена) - пример [1;1000]

Разн.	Размер	Цена
Разн. 1	0,01	560
Разн. 2	0,03	580
Разн. 3	0,04	600
Разн. 4	0,06	620

Таблица верхних коэффициентов заполнена

	Прод. 1	Прод. 2	Прод. 3
Стадия 1	0,8	0,8	0,8
Стадия 2	0,8	0,8	0,8
Стадия 3	0,8	0,8	0,8
Стадия 4	0,8	0,8	0,8
Стадия 5	0,7	0,8	0,8
Стадия 6	0,6	0,8	0,8
Стадия 7	0,8	0,8	0,8

Рис. 4. SoF CES. Подсказки

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам тестирования, выявленных замечаний и их исправления планируется использовать программный модуль в учебном процессе на кафедре компьютерно-интегрированных систем в химической технологии при подготовке бакалавров, обу-

чающихся по направлению «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сайт компании Aurel inc. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.aurelsystems.com/csplus.htm> (дата обращения: 05.10.2015).
2. Сайт компании ProSim inc. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.prosim.net/en/software-prosimplus-1.php> (дата обращения: 05.10.2015).
3. Сайт компании Chemstations inc. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.chemstations.com> (дата обращения: 05.10.2015).
4. Сайт компании Intelligen inc. [Электронный ресурс]. URL: http://www.intelligen.com/superpro_overview.html (дата обращения: 05.10.2015).
5. Сайт компании AspenTECH inc. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.aspentech.com/products/aspenn-process-manual.aspx> (дата обращения: 05.10.2015).
6. Математическое моделирование и методы синтеза гибких химических производств: автоматизированный лаб. комплекс / А.Ф. Егоров, Т.В. Савицкая, В.П. Бельков, А.В. Горанский. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2008. 202с.
7. Савицкая Т.В., Бельков В.П., Егоров А.Ф. Гибкость химических производств, анализ и оценка: учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2000. 40 с.
8. Савицкая Т.В., Бельков В.П. Синтез гибких химико-технологических систем. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2005. 120 с.

E.D. Salnikov, T.V. Savitskaya

Agrass3840@gmail.com; Savisk@muctr.ru

D. Mendeleyev University of Chemical Technology of Russia, Moscow

THE SOFTWARE MODULE FOR SOLVING SYNTHESIS MULTIPRODUCT CHEMICAL PROCESSES

SUMMARY

The specific features of solution of synthesis problems multiproduct chemical-technological systems (CTS) and the main criteria for data optimization tasks. The mathematical formulation of the problem and developed algorithms. Showing the functionality of the software developed for the solution of problems of synthesis multiproduct CTS.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ РАСЧЁТНОГО ОБОСНОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена методика обоснования прочности трубных пучков теплообменников коллекторно-ширмового типа на основе поверочных расчётов. Учитывались нагрузки от сейсмических воздействий, удара самолёта и воздушной ударной волны.

ВВЕДЕНИЕ

Принятые сокращения: МКЭ — метод конечных элементов; НУЭ — нормальные условия эксплуатации; МРЗ — максимальное расчётное землетрясение; ПЗ — проектное землетрясение; УС — удар самолёта; ВУВ — воздушная ударная волна.

Расчётное обоснование прочности трубных пучков является важной частью обоснования прочности теплообменного оборудования. Вследствие неравномерного распределения температуры в элементах теплообменного оборудования возникают значительные температурные напряжения. Возникающие при этом сложные и часто нелинейные задачи прочностного расчёта удобно решать методом конечных элементов [1]. МКЭ даёт наибольшие возможности по выбору адекватной конструктивным особенностям и условиям работы схематизации рассматриваемых объектов и действующих нагрузок для построения обоснованных расчётных моделей.

Для обоснования прочности трубных пучков теплообменного оборудования коллекторно-ширмового типа расчёты выполнены в соответствии с нормативной базой атомной энергетики [2,3] с применением отечественного вычислительного кода [4].

1. КОНСТРУКЦИИ ТРУБНЫХ ПУЧКОВ

Конструкции трубных пучков теплообменного оборудования коллекторно-ширмового типа приведены в [5]. Основными узлами теплообменного оборудования коллекторно-ширмового типа являются: коллекторы с перфорированными цилиндрическими обечайками, корпус и ширмы (плоского и эвольвентного типов), собранные из теплообменных труб малого диаметра.

В качестве примера на рис. 1 приведена конструкция сепаратора-пароперегревателя. Пространство в нём между нижним и верхним коллекторами и корпусом равномерно заполнено 126 эвольвентными в плане ширмами коридорного трубного пучка.

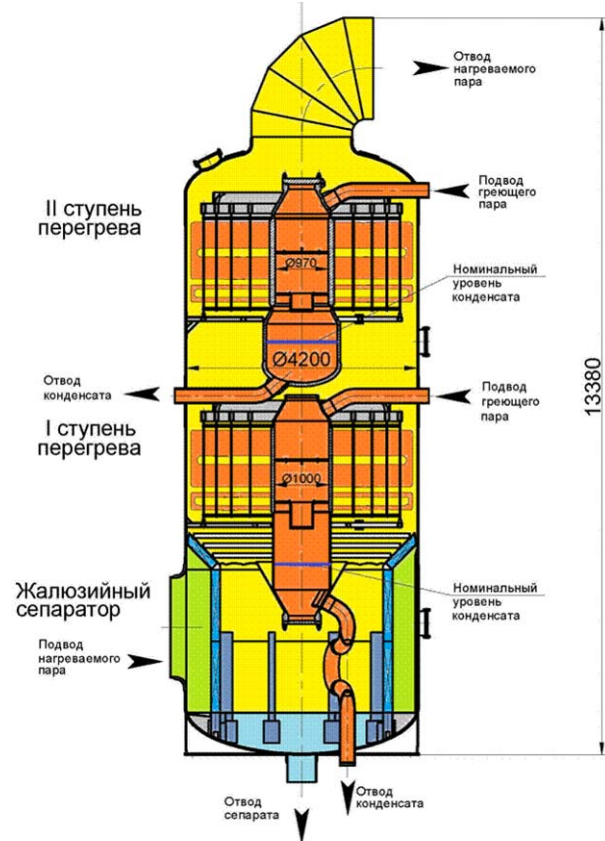


Рис. 1. Конструкция сепаратора-пароперегревателя

Каждая ширма может состоять из нескольких участков, которые собираются из U-образных труб. Концы труб радиально закреплены внизу и вверху коллектора. U-образная труба состоит из вертикального участка и двух длинных горизонтальных. Каждый длинный горизонтальный участок, исключая первые 5 мм от торца трубы и 20 мм догиба, оребрён. Оребрение винтовое однозаходное. Материал труб сталь марки 08X14МФ. В коллекторах торцы труб закрепляются путём механической вальцовки и сварки их концов с внутренней поверхностью коллектора.

Ширмы связаны между собой двумя бандажами, расположенными по серединам вертикальных участков труб, и кольцевыми горизонтальными дистанционирующими планками (ГДП) сверху и внизу трубного пучка в узлах соединения с вертикальными дистанционирующими планками (подвесками). Бандажи и ГДП представляют собой замкнутый контур в горизонтальной плоскости.

2. ПОСТРОЕНИЕ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ

В настоящее время отсутствуют методики и специализированные вычислительные комплексы по расчёту трубных пучков теплообменного оборудования коллекторно-ширмового типа. В данной работе для расчётного обоснования прочности трубных пучков применён многоцелевой универсальный вычислительный комплекс для расчёта по МКЭ параметров деформирования оборудования и трубопроводов *CAN* [4]. Расчёт трубных пучков теплообменного оборудования коллекторно-ширмового потребовал разработки препроцессора для создания геометрической и конечно-элементной моделей расчёта. Для определения температурных полей и параметров деформирования трубных пучков применялись ниточные (стержневые), объёмные и осесимметричные конечно-элементные модели. Для расчёта температурных полей и параметров деформирования на основе ниточных моделей потребовалась доработка температурных конечных элементов.

Ниточные конечно-элементные модели одной ширмы плоского типа для подогревателя высокого давления и эвольвентного типа для сепаратора-пароперегревателя приведены соответственно на рис. 2, а и 2, б.

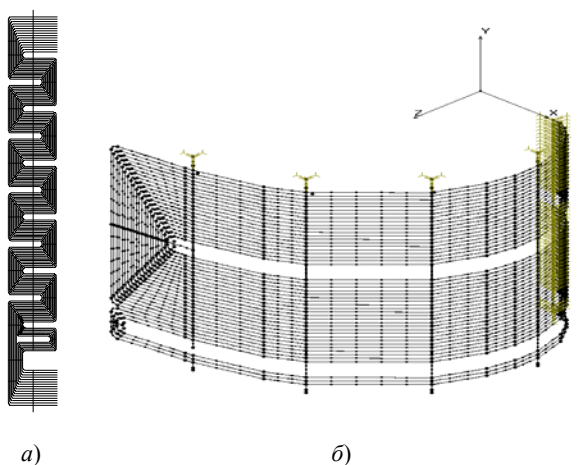


Рис. 2. Ниточные конечно-элементные модели ширмы

В конечно-элементной модели проводилась замена оребренных труб гладкими трубами (без оребрения) с соответствующими эффективным наружным диаметром и толщиной трубы и эффективными перепадами температур по толщине стенки и диаметру поперечного сечения. Эффективные характеристики участков оребренных труб определялись на основе объёмных конечно-элементных моделей (рис. 3) с применением объёмных конечных элементов с квадратичной аппроксимацией полей перемещений [4].

Расчёты по определению температур по длине труб, частот и форм собственных колебаний и напряжённно-деформированного состояния вы-

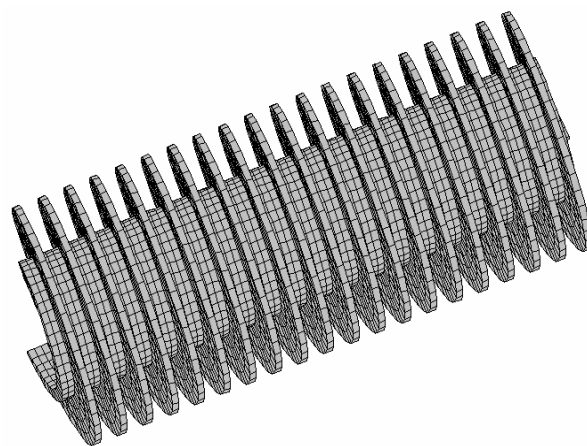


Рис. 3. Конечно-элементная модель участка теплообменной трубы с оребрением с применением объёмных элементов

полнялись на основе единой ниточной модели. Применялась пространственная конечно-элементная модель со стержневыми конечными элементами библиотеки элементов программного комплекса *CAN* [4]. В используемой конечно-элементной модели ширм обеспечивалась реальная геометрия конструкции.

Прямолинейные участки труб моделировались элементами типа прямой пространственной упругой трубы. Кривые участки труб моделировались элементами типа пространственного упругого гiba. Дистанционирующие горизонтальные и вертикальные планки моделировались элементами типа пространственной упругой балки, которые воспринимают растяжение-сжатие, кручение, изгиб и сдвиг в двух плоскостях. При постановке граничных условий для торцов труб и дистанционирующих элементов учитывались температурные смещения коллекторов и узлов крепления дистанционирующих элементов.

3. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЁТОВ

При расчёте напряжённно-деформированного состояния ширм учитывались следующие факторы:

- воздействие перепада давления (разность внутреннего и наружного давлений);
- масса труб с рабочей средой;
- изменение температуры по длине труб, по толщине стенок и диаметру труб;
- температурные перемещения концов труб и дистанционирующих элементов;
- овальность криволинейных участков труб.

Напряжённно-деформированное состояние трубных пучков рассмотрено для всех режимов нормальных условий эксплуатации (*НУЭ*), нарушения нормальных условий эксплуатации (*ННУЭ*) и аварийных ситуаций. При учёте динамических воздействий линейным спектральным методом [4, 6] рассмотрены сочетания нагрузок по нормам [2, 3] в соответствии с категорией сейсмостойкости оборудования и видами динамических нагру-

зок. Динамические воздействия задавались в виде спектра ускорений одновременно по трём направлениям.

Расчёт на вибропрочность проведён в соответствии с нормами [2, 7]. Внутри труб рассматриваемых аппаратов осуществляется вынужденное движение рабочей среды (пар, конденсат, вода). Снаружи трубы обтекаются рабочей средой (пар, насыщенный пар, вода). Причинами возникновения вибраций теплообменных труб являются:

- гидроупругая неустойчивость;
- параметрический и акустический резонанс;
- гидродинамические силы, возникающие в потоках при обтекании труб;
- пульсации параметров теплоносителя.

После определения вибромеханических характеристик (собственных частот и декремента колебаний) труб рассмотрены перечисленные выше возможные механизмы возбуждения вибраций теплообменных труб. Необходимые для расчёта вибропрочности параметры рабочих сред приняты по результатам теплогидравлических расчётов, представленных в конструкторской документации.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЁТОВ И ВЫВОДЫ

Для решения вопроса вибрационной прочности конструкции получен спектр частот и форм собственных колебаний. Низшие формы колебаний трубного пучка представляют собой колебания ширм в направлениях, нормальных к поверхности ширмы. Более высоким частотам соответствуют колебания ширм в вертикальном направлении, а также колебания отдельных зон ширм и отдельных труб. Спектр частот колебаний плотный. Например, первые шесть низших частот колебаний трубного пучка равны: $f_1 = 12,0$ Гц, $f_2 = 12,5$ Гц, $f_3 = 12,51$ Гц, $f_4 = 13,5$ Гц, $f_5 = 13,5$ Гц, $f_6 = 13,51$ Гц. С увеличением количества ширм значение f_1 низшей частоты колебаний трубного пучка возрастает. В качестве примера на рис. 4 и 5 представлены несколько низших форм собственных колебаний ширм трубного пучка.

Формы колебаний пакета труб в плоскости ширмы представлены на рис. 4. Характерные пространственные формы колебаний представлены на рис. 5.

Вибрационный расчёт первоначального варианта трубного пучка показал необходимость увеличения количества дистанционирующих планок для требуемого повышения величин низших частот колебаний.

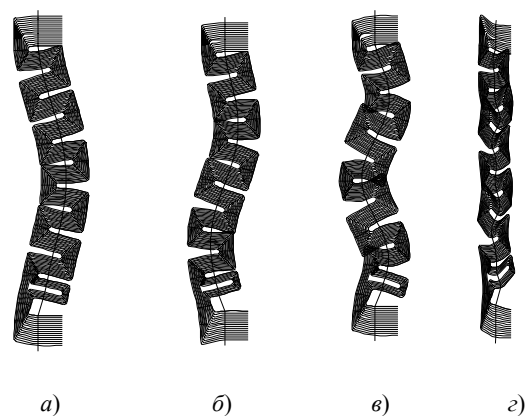


Рис. 4. Формы колебаний пакета труб в плоскости ширмы: *a* — изгибная форма колебаний с одной полуволной; *b* — изгибная форма колебаний по двум полуволнам; *v* — изгибная форма колебаний по трём полуволнам; *z* — осевые колебания пакета труб

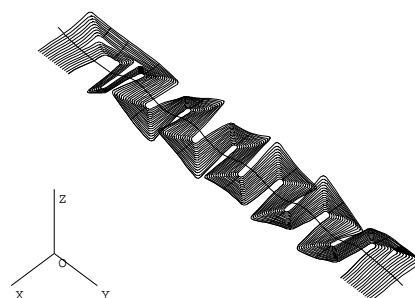


Рис. 5. Пространственные формы колебаний пакета труб

Расчёты на прочность проводились для двух вариантов трубного пучка для труб из разного материала и с разной толщиной стенок. Расчёты показали, что оба варианта отвечают требованиям норм прочности. Ниже приведены результаты расчёта трубного пучка для труб из стали марки Ст. 20, поскольку для этого варианта конструкции применяется материал с более низкими характеристиками прочности, более высокой величиной коррозии и большей массой.

Некоторые результаты расчёта приведены в табл. 1 и 2. Даны максимальные уровни (МПа) расчётных эквивалентных мембранных σ_m и суммарных (изгибных и мембранных) σ_c напряжений в трубах для различных сочетаний нагрузок: *HVЭ+MPЗ*, *HVЭ+ПЗ*, *HVЭ+УС*, *HVЭ+ВУВ*. Наибольший уровень напряжений возникает в трубах ширмы. Из таблиц видно, что условия прочности выполняются, следовательно, элементы трубного пучка удовлетворяют условиям прочности норм [2,3] с учётом динамических нагрузок.

По результатам расчётов на вибропрочность и расчётов с учётом динамических нагрузок можно сделать следующие выводы.

Таблица 1
Максимальные уровни (МПа) расчётных эквивалентных (мембранных) напряжений σ_M и допускаемых напряжений $[\sigma_M]$ для различных сочетаний нагрузок

Сочетание нагрузок	σ_M	$[\sigma_M]$	Условие прочности $\sigma_M \leq [\sigma_M]$
НУЭ+МРЗ	31,65	165,2	Выполняется
НУЭ+ПЗ	30,1	141,6	Выполняется
НУЭ+УС	30,2	165,2	Выполняется
НУЭ+ВУВ	40,8	165,2	Выполняется

Таблица 2
Максимальные уровни (МПа) расчётных эквивалентных (изгибных и мембранных) напряжений σ_c и допускаемых напряжений $[\sigma_c]$ для различных сочетаний нагрузок

Сочетание нагрузок	σ_c	$[\sigma_c]$	Условие прочности $\sigma_c \leq [\sigma_c]$
НУЭ+МРЗ	128,4	212,4	Выполняется
НУЭ+ПЗ	90,1	188,8	Выполняется
НУЭ+УС	91,5	212,4	Выполняется
НУЭ+ВУВ	210,1	212,4	Выполняется

1. Выявлена чувствительность низших частот собственных колебаний к изменению геометрических характеристик вертикальных и горизонтальных дистанционирующих планок, бандажей. Даны рекомендации по повышению величин низших частот колебаний трубных пучков.

2. При изменении конфигурации трубных пучков, добавлении связей между трубами, изменении геометрических характеристик дистанционирующих планок, бандажей необходимо проводить весь цикл исследований температурных полей и напряжений, поскольку установка раскреп-

лений, обеспечивающих увеличение собственных частот, может привести к недопустимому повышению уровня температурных напряжений.

3. Выполненные расчёты показали, что конструкции трубных пучков теплообменного оборудования коллекторно-ширмового типа удовлетворяют условиям прочности с учётом нагрузок от сейсмических воздействий, удара самолёта и воздушной ударной волны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Синицын Е.Н., Москвин В.Г.** Применение метода конечных элементов в инженерных расчётах и проектировании // Труды Международной научной методической конференции «Информатизация инженерного образования — ИНФОРИНО—2012» (Москва, 10—11 апреля 2012 г.). М.: Издательский дом МЭИ, 2012. С. 234—235.
2. **Нормы** расчёта на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. ПН АЭ Г-7-002-86. М.: Энергоатомиздат, 1989.
3. **Нормы** проектирования сейсмостойких атомных станций. НП-031-01. М.: Госатомнадзор России, 2001.
4. **Универсальный** многоцелевой программный комплекс для расчётов на прочность *CAN*. Автоматизация проектирования / Е.Н. Синицын, Д.Н. Шмелёв, М.В. Виноградов и др. // Межотраслевой научнотехнический сборник. 1995. № 1—2. С. 55—65.
5. **Расчётное** обоснование прочности трубных пучков теплообменного оборудования коллекторно-ширмового типа / Е.Н. Синицын, В.П. Николаев, В.Г. Москвин, О.А. Авдеев // Вестник МЭИ. 2013. № 4. С. 30—35.
6. **Бирбраер А.Н., Шульман С.Г.** Прочность и надёжность конструкций АЭС при особых динамических воздействиях. М.: Энергоатомиздат, 1989.
7. **РТМ 108.302.03-86.** Парогенераторы АЭС. Расчёт вибраций теплообменных труб. М.: НПО ЦКТИ, 1986.

E.N. Sinitsyn¹, A.S. Shamarokov¹, V.G. Moskvina², V.P. Nikolaev²

¹ISC All-Russian Research and Design Institute of Nuclear and Energy Engineering, Moscow

² National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

USING THE FINITE ELEMENT METHOD FOR CALCULATION JUSTIFICATION STRENGTH OF HEAT EXCHANGE EQUIPMENT

SUMMARY

The purpose of the work is the method of justification strength heat exchanger tube bundles collector-screen type on the basis of calculations. The loads on the seismic impacts, the impact of the aircraft and air shock wave are taken into account.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ УДАЛЁННОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГТУ

АННОТАЦИЯ

Данная статья описывает систему удалённого мониторинга одной из российских компаний, её преимущества и недостатки, использование на энергетическом рынке. Приведены наиболее актуальные проблемы в области оценки технического состояния газовых турбин и возможности их решения с помощью систем удалённого мониторинга.

ВВЕДЕНИЕ

Повышение надёжности и экономичности энергоблоков электрических станций всегда было одной из самых задач в энергетике. В первую очередь эти показатели зависят от конструкторских решений, которые определяют начальные показатели блока. С течением эксплуатации они ухудшаются ввиду износа оборудования. Внезапный отказ оборудования из-за его износа приводит к вынужденному останову блока и, как следствие, к экономическим потерям станции и энергетической компании в целом.

Наиболее уязвимыми узлами являются элементы, работающие в области высоких температур: пароперегреватели паровых котлов, первые ступени газовых турбин и т.п.

Для снижения аварийных остановов ГТУ используют систему удалённого мониторинга, которая позволяет выявлять дефекты ещё на ранних стадиях, а также тенденции их развития.

1. ПОНЯТИЕ СИСТЕМЫ УДАЛЁННОГО МОНИТОРИНГА

Система удалённого мониторинга представляет собой программное обеспечение, которое в режиме реального времени отслеживает работу турбоагрегата и вспомогательного оборудования. Система основана на непараметрическом моделировании по принципу подобию, т.е. строится «идеальная» модель поведения оборудования, которая соответствует его «идеальному» состоянию. Под идеальным здесь понимается техническое состояние, которое соответствует ещё не изношенному оборудованию. Модель построена на статистических данных или искусственно (если статистики ещё нет) с использованием контрольных карт Хоттеллинга и использованием T2 критерия.

В каждый момент времени рассчитывается реальная модель и сравнивается с идеальной. При выходе реальной модели за предел по T2, определяется разладка модели, т.е. параметры, из-за

которых модель вышла за пределы. По этим параметрам также строится «невязка», т.е. какой вклад он внёс в эту разладку [3].

Кроме расчёта модели, система накапливает статистику о работе оборудования и позволяет проводить дополнительный анализ в режиме офлайн.

Система удалённого мониторинга располагает аналитической мнемосхемой, где находятся данные о работе модели, а также технологическими мнемосхемами, каждая из которых представляет собой подсистему агрегата. Таких подсистем может быть неограниченное количество. На технологических мнемосхемах реализована функция *click and drop*, т.е. возможность добавлять на график параметр при нажатии на него. Это упрощает функционал, поскольку всего отображаемых параметров может быть несколько сотен.

Для более подробного анализа центром удалённого мониторинга используются узкоспециализированные экспертные модули, которые подключаются к архиву системы. В них можно оценить регрессии параметров, снижение экономичности отдельных элементов ГТУ.

2. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ СИСТЕМЫ УДАЛЁННОГО МОНИТОРИНГА

Основным преимуществом системы является возможность обнаружения дефекта ещё на стадии зарождения. Это обусловлено чувствительностью системы. Чем более коррелируют параметры между собой, тем большую чувствительность она имеет. Относительно ГТУ практически все параметры связаны между собой прямо или косвенно.

Зарождение дефекта определяется на основе разладки модели. Если тренд ухудшения параметра малозаметен, то используются экспертные модули по регрессии и прогнозируется выход его значений за допустимые, если такие есть. Правильная оценка сроков выхода параметров за допустимые пределы предотвращает аварийный останов. По тренду ухудшения параметра также прогнозируется оптимальный срок ремонта оборудования.

Безусловным преимуществом системы является накопление статистики, по которой можно обнаружить нарушения в эксплуатации, а также конструктивные недостатки агрегата.

Из вышеперечисленного вытекает ещё ряд преимуществ: снижение затрат на ремонт оборудования, снижение количества вынужденных остановов турбоагрегата, выявление конструктивных недостатков оборудования.

Как и любая система, система удалённого мониторинга имеет и свои недостатки. Главным недостатком является необходимость обновления моделей из-за проведения инспекций или из-за изменения условий эксплуатации (например, изменение температуры воздуха на входе в компрессор) [3]. Кроме этого, обнаружение дефекта носит вероятностный характер, т.е. чем больше параметров для выявления известно, тем выше вероятность обнаружения (не менее 95 %).

Удалённый мониторинг имеет широкое распространение в Европе и развивается в России. Внедрение системы удалённого мониторинга служит первым шагом для ремонта оборудования по техническому состоянию. Причём эту систему можно подключить к любому оборудованию, снятие данных с которого возможно на настоящий момент. Так, установить датчики в камере сгорания ГТУ невозможно из-за высоких температур. Кроме того, она позволяет снизить количество обслуживающего персонала.

3. ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ГТУ

Технико-экономические характеристики турбоагрегата определяет не только его конструкция, но и температура на выходе из камеры сгорания или же на входе в первую ступень. В нормативной документации приводятся расчётные данные по ISO, т.е. отборы охлаждающего воздуха из компрессора принимаются нулевыми, а параметры наружного воздуха принимаются следующими: температура 15 °С, давление 101,3 кПа, влажность 60 %, т.е. получается, что температура на выходе из камеры сгорания занижается на несколько сотен градусов.

В современных газовых турбинах температура перед сопловым аппаратом первой ступени по ISO составляет 1300—1600 °С, а на входе в рабочую решётку первой ступени — 1200—1450 °С [2]. На практике она оказывается выше. При этом на рабочие лопатки действуют растягивающие, изгибающие и температурные напряжения [1]. В самых тяжёлых условиях работает первая ступень, причём напряжения в ней определяют проходное сечение на входе в неё.

Растягивающие напряжения обусловлены центробежными силами, действующими на рабочие лопатки. Ввиду большого объёмного расхода через них, они расположены на большом диаметре и имеют большую длину, относительно рабочих лопаток паровых турбин [1].

Изгибающие напряжения определяются окружным усилием на венцах рабочих лопаток. Число ступеней в газовой турбине составляет 4—

5, причём они вырабатывают всю мощность. Если мощность ГТУ 150 МВт, то мощность газовой турбины не менее 300 МВт.

Температурные напряжения возникают из-за нестационарных температурных полей, поскольку входная и выходная кромки имеют разные толщины, а также лопатки первых ступеней имеют внутренний канал для охлаждения [2].

Вследствие всего вышеперечисленного происходит истощение длительной прочности материала, т.е. способности сопротивляться длительное время действию высоких напряжений в условиях высокой температуры. Результатом истощения являются трещины и их рост. Каждый материал имеет свой предел длительной прочности, т.е. то значение напряжений, которое он может выдержать при заданной температуре и времени работы.

Чтобы снизить температуру металла лопатки используют различные способы: внутреннее охлаждение лопатки, нанесение термобарьерных покрытий и т.п. [2]

В не менее тяжёлых условиях работает камера сгорания, но не стоит забывать, что она не вращается, а значит, там нет растягивающих и изгибающих напряжений от центробежных сил.

Чтобы не допустить пережога поверхностей камеры сгорания, её изнутри выкладывают керамической плиткой, а также при необходимости организуют воздушное охлаждение.

Компрессор работает в более лёгких условиях, чем газовая турбина, поскольку температуры в нём значительно ниже, лопатки короче. Первые ступени компрессора подвержены абразивному и эрозионному износам, поэтому они также покрываются защитными покрытиями. На лопатки компрессора действуют те же напряжения, что и на лопатки газовой турбины за исключением термических.

4. ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГТУ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ УДАЛЁННОГО МОНИТОРИНГА

Работу любой машины можно охарактеризовать «нормальной», т.е. с характеристиками, рекомендованными заводом-изготовителем. Любое отклонение от них говорит об изменении его технического состояния (как правило ухудшении). Имеет место «нормальное» изменение технико-экономических показателей, т.е. изменение находится в допустимом диапазоне при данном сроке и условиях эксплуатации. Но также может наблюдаться изменение показателей с большей скоростью, например из-за неправильной эксплуатации или из-за конструкторских ошибок или несовершенств.

По изменению какого-либо параметра в турбоагрегате можно говорить о наличии дефекта. Так, падение давления перед подшипниками мо-

жет говорить о неисправности маслонасоса или о загрязнении маслосистемы (или масляных фильтров). Или же по температуре за газовой турбиной можно судить о температуре перед ней: если температура за ней возросла, наиболее вероятно, что возросла и перед ней, что при превышении допустимой величины приводит к более быстрому исчерпанию остаточного ресурса лопаток первых ступеней.

Безусловно, по изменению одного параметра нельзя говорить о наличии дефекта, здесь необходим более подробный анализ. Система удалённого мониторинга позволяет проводить анализ связанных параметров в режиме онлайн, основываясь на архивных данных. Наиболее показательными являются вибрационные характеристики, но они не могут определить техническое состояние вспомогательного оборудования, например, КВОУ. Поэтому система удалённого мониторинга основывается на ряде параметров как собственно ГТУ, так и вспомогательных систем.

Для получения данных с показаний датчиков организовывается синхронизация сервера центра удалённого мониторинга и станции, известная как процедура «server to server». Она обеспечивает безопасную передачу данных без их потери. На сервер поступают наиболее важные технологические параметры, такие как данные о нагрузке, частоте, уровню вибрации, температур, давлений и их потерь.

Как уже было сказано ранее, система не только выявляет аномалии в показаниях, но также и тренды изменения параметров. Как известно, некоторые параметры не должны меняться в узком диапазоне значений и при их малом изменении человеческий глаз не способен это заметить, особенно, если этот параметр находится в допустимом для него диапазоне. Система же автоматически определяет тренды для всех параметров, а дополнительные экспертные модули позволяют ещё оценить выход параметра за предупредительные и аварийные пределы. Для более подробного анализа, а также для анализа архивных данных, используется экспертный модуль по выявлению зарождающихся дефектов. Он также отслеживает их развитие. Данный экспертный модуль основан на работе системы и полностью от нее зависит.

Получается, что система выявляет зарождение дефектов автоматически, сигнализируя об этом экспертам, которые более подробно анализируют ситуацию и находят технические решения проблемы. Подобный анализ также позволяет выявить дефекты во вспомогательном оборудовании, которые могут привести к аварийному остану турбоагрегата.

Для большего понимания рассмотрим пример дефекта и возможности его обнаружения по показаниям датчиков.

Загрязнение проточной части компрессора может быть обнаружено по изменению температуры и давления на выходе из него, активной мощности ГТУ, количеству часов работы, а также по изменению вибрационных характеристик. Для каждой ГТУ существует рекомендованное количество эквивалентных часов работы, при достижении которых необходимо проводить промывку. Эта величина составляет несколько сотен часов. На практике промывку иногда следует провести раньше, иногда же наоборот. Это зависит от параметров наружного воздуха. Система удалённого мониторинга позволяет оптимизировать этот процесс. При выявлении данного дефекта проводится анализ трендов связанных параметров, т.е. проводится построение офлайн модели, а также сравниваются полученные зависимости с характеристикой чистого компрессора. Это необходимо, чтобы дать наиболее точный «диагноз».

Система удалённого мониторинга работает круглосуточно, что означает непрерывный контроль за техническим состоянием ГТУ и её вспомогательных систем.

Рассмотрим также возможность определения конструкторских недочётов при проектировании машины или несовершенств при её изготовлении на примере. Для снятия дискретной величины, например температуры или давления, используют несколько датчиков, расположенных в одном сечении. При условии, что машина идеально спроектирована и собрана, а также правильно эксплуатируется, показания дубль-датчиков должны быть абсолютно одинаковы, но на практике это оказывается не так.

Показания термопар на выходе из газовой турбины были бы абсолютно одинаковы, если поток был бы равномерным на входе в неё, а также не было бы неравномерностей в потоке при совершении работы газовой смеси, которые обусловлены геометрией лопаток.

Проанализировав архивные данные в режиме онлайн или офлайн, можно определить зоны, показания в которых отличаются от средней величины, и по расположению этих зон судить о плохо профилированных сечениях лопаток. Имея данные такого анализа, можно улучшить геометрию проточной части газовой турбины. Аналогично для улучшения прочной части компрессора.

Зарубежные компании, такие как Siemens или GE, используют такой метод для совершенствования своих газовых турбин и другого оборудования

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Появление и развитие систем удалённого мониторинга является следствием развития средств коммуникации. Она имеет свои преимущества и недостатки. Её внедрение на энергетические объекты яв-

ляется автоматизацией контроля технического состояния объекта, что ввиду безопасности канала передачи данных повышает безопасность энергетических объектов, а также позволяет оптимизировать их работу.

На данный момент в РФ энергетические объекты знают свою нагрузку на месяцы вперед, но она распределяется без учёта технического состояния оборудования на текущий момент. Ремонты и инспекции проводятся строго по графику, но тем не менее имеют место аварийные остановки турбоагрегатов. Поскольку система удалённого мониторинга позволяет прогнозировать сроки аварийного останова, то следующим шагом в развитии энергетики РФ, по моему мнению, будет переход на несение нагрузки

энергоблока с учетом технического состояния, а также переход от регламентного срока ремонта к рекомендуемому.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Костюк А.Г.** Динамика и прочность турбомашин. — 3-е изд., перераб. и доп. М.: Издательский дом МЭИ, 2007. 476 с.
2. **Трухний А.Д.** Парогазовые установки электростанций: учебник для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2015. 667 с.
3. **DOE-EPRI** On-Line Monitoring Implementation Guidelines / U.S. Department of Energy Washington, D.C. – Interim Report, January 2003.

D.N. Skrabatun

dtv_92@mail.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

THE USE OF REMOTE MONITORING SYSTEM FOR EVALUATION OF TECHNICAL CONDITION GAS TURBINES

SUMMARY

This Paper describes remote monitoring system a Russian company, its advantages and limitations and the use in the energy market. Presents the most urgent problems in the assessment of the technical state of the gas turbine and heir possible solutions with remote monitoring system.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В КУРСЕ «АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ»

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён рассмотрению особенностей разработки программного обеспечения при автоматизации проектирования объектов радиоэлектронной аппаратуры. Анализируются основные проблемы, возникающие при групповой разработке программного обеспечения, и приводится методика приобретения навыков такой разработки. Рассмотрены примеры задач, используемых для решения по данной методике. Обсуждаются полученные результаты.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе обучения студенты технических вузов изучают и получают навыки практической работы с различными готовыми программными системами, предназначенными для обработки текстовой, графической информации, моделирования различных процессов, графического моделирования, автоматизированного проектирования технических объектов и систем управления технологическими процессами. Начало информатизации образовательного процесса связывается с обучением студентов основам алгоритмизации и базовым технологиям обработки числовой, графической и текстовой информации, что является ступенькой к применению вычислительной техники для автоматизации проектирования. На этой следующей ступени требуется разработка моделей и алгоритмов проектирования специальных объектов, процессов и технологий. Нужно ли сейчас учить программированию, учить каким языкам (которых очень много), какой язык предпочтительней. Анализ требований на рынке труда показывает, что нужны опытные специалисты для решения конкретных проблем. При разработке программных систем появилась потребность в специалистах нового поколения, таких как системные аналитики, руководители проектов, специалисты по тестированию программного обеспечения и другие. Теперь автоматизация проектирования есть не только создание модели объекта и автоматизация расчёта модели или технологии, это сложный процесс, отслеживающий весь жизненный цикл разработки, начиная от внешней спецификации системы в целом и заканчивая тестированием и документированием. Есть масса литературы, в которой описан весь процесс разработки программного обеспечения (ПО). Сложность обучения состоит в том, что материал носит описательный характер, легко слушается, но

не может показать всех трудностей, с которыми сталкиваются разработчики ПО, а также важность документирования разработки. В курсе «Автоматизация конструкторского и технологического проектирования» в рамках индивидуальной работы студентов делается попытка промоделировать работу группы разработчиков одной большой программной системы, начиная от внешних спецификаций системы и заканчивая приёмосдаточными испытаниями.

1. МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ ГРУППОВОЙ РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММ НА ЗАНЯТИХ

Для выполнения работы студенты объединяются в группы по 5—6 человек. Каждая группа назначает руководителя всего проекта группы и системного аналитика, в учебных задачах это одно лицо. Руководитель проекта общается с заказчиком (преподавателем), составляет спецификацию системы в соответствии с требованиями заказчика, структуру данных для системы в целом (в учебных целях для разработки структуры данных привлекались все члены группы). Результатом деятельности системного аналитика и руководителя проекта в одном лице является структурная схема системы данной группы, описание назначения каждого модуля, описание его входов и выходов (IPO диаграмма), структура данных для межмодульных связей. IPO диаграмма передаётся вместе со структурой данных межмодульных связей разработчикам алгоритмов для последующей разработки и детализации. В дальнейшем разработчики алгоритмов в учебных целях становятся кодировщиками. Каждый член группы разрабатывает и детализирует алгоритм выделенной ему задачи. В процессе детализации составляются тесты для проверки работоспособности алгоритма. Для проверки работы всей системы составляются тесты один из членов группы. После детализации модулей и обсуждения разработанного проекта приступают к кодированию. На этом этапе руководитель группы разработчиков объединяет модули и тестирует их совместно. Разработка программ идёт как на занятиях, так и вне их в процессе домашней подготовки.

2. КОНТРОЛЬ РАЗРАБОТКИ

На первом занятии выдается задание и обсуждается постановка задачи отдельно с каждой группой разработчиков, к концу занятия опреде-

ляется руководитель проекта группы и примерный состав разрабатываемых модулей.

На втором занятии детализируется структура системы, определяется межмодульный интерфейс, выдаётся задание разработчикам данной группы.

На третьем занятии контролируется результат работы группы разработчиков, определяется начало кодирования алгоритмов.

На четвёртом занятии происходит контроль хода кодирования, ответ на возникающие вопросы по реализации технических моментов. Обсуждение тестов для комплексной проверки работы ПО.

На пятом занятии осуществляется проверка первой версии системы каждой группы в целом. Доработка системы

На шестом занятии происходит защита документации на разработанную систему, на этом этапе возможен обмен документацией между группами и попытка понять по «чужой» документации, что было разработано, т.е. насколько понятно документирование пользователям.

На седьмом занятии проводятся приёмодаточные испытания, в лице независимого эксперта выступает преподаватель.

3. ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ЗАДАНИЙ НА ОДНУ ГРУППУ РАЗРАБОТЧИКОВ ПО

1. Есть электрическая схема соединения элементов. Разработать программное обеспечение, позволяющее разбить схему на подсхемы размером m элементов, для каждой подсхемы число цепей, внешних по отношению к другим подсхемам (т.е. содержащих элементы из других подсхем) не должно превышать заданное число n . Программа должна разрешать выбор начального элемента в первую подсхему, программный комплекс должен работать как для элементов одинаковых габаритов, так и для разногабаритных элементов. Качество разбиения оценивать по количеству полученных подсхем и проценту заполняемости подсхемы. Программы в качестве результата должны выдавать перечень элементов и

цепей для каждой подсхемы и суммарное количество внешних цепей.

2. После размещения элементов на подложке заданы координаты контактных площадок элементов, входящих в одну цепь. Используя волновой алгоритм ЛИ соединить элементы каждой цепи, при проведении соединений для одной цепи минимально ухудшать условия для проведения оставшихся. Критерием качества работы алгоритмов является проведение максимального количества цепей без пересечений. Предусмотреть в программе возможность вводить критерии разработчика схем (минимальная длина проводника, минимальное число пересечений проводников, для параллельных проводников длина не больше заданной и прочее).

3. Для задачи 2 разработать пакет программ модификации волнового алгоритма: метод встречной волны, ограничение площади распространения волны, лучевой алгоритм, введение дополнительных площадок (алгоритм Штейнера).

Для решения поставленных задач студентам выдается список литературы с указанием страниц, где алгоритмы описаны. На лекциях по курсу рассматриваются для каждой группы алгоритмов подробные примеры с описанием структур данных и пошаговым выполнением алгоритмов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты рассмотренного лабораторного цикла состоят в том, что приобретаются навыки разработки программного продукта по заранее известным из литературы алгоритмам, которые надо привязать к конкретной технологии изготовления объекта проектирования.

На практике студенты убеждаются в существовании технологии разработки программных систем, применение которой позволяет вести разработку успешно и организованно и за короткий срок увидеть результаты своего труда, а также, что немало важно, оценить свои возможности в разработке программных систем. Приобретаются навыки документирования программного продукта и навыки разработки программ в группе разработчиков, что особенно ценится работодателем.

L.A. Starostina

StarostinaLA@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGY IN KURSE «AVTOMATIZACIÄ ENGINEERING AND TECHNOLOGICAL DESIGN»

SUMMARY

The report examines the characteristics of software development when automating the design objects of the radio-electronic equipment. It analyses the main problems encountered when Group software development and methodology skills such development. Examples of tasks used for decision by this method. The results are discussed.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЁТА КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

АННОТАЦИЯ

В докладе анализируется опыт многолетнего использования программ «Boiler Designer», «Stoker» и различных программ для расчёта топки в практических работах, выполненных с участием авторов. Обсуждаются технические возможности программ, приводятся методические наработки по их применению и некоторые конкретные результаты.

ВВЕДЕНИЕ

Котельные установки с пылеугольными котлами и системами пылеприготовления отличаются высокой сложностью, огромной металлоёмкостью, широким спектром протекающих в них физико-химических процессов. Проектирование и исследование работы таких объектов практически невозможно без использования современного программного обеспечения. Программы «Boiler Designer», «Stoker» и различные программы для расчёта топки как раз и являются важными компонентами этого программного обеспечения. Но необходимо помнить о сложной взаимосвязи процессов, протекающих в топке, котле и пылесистемах, и учитывать эти взаимосвязи при проведении совместных расчётов этих устройств.

1. НАЗНАЧЕНИЕ ПРОГРАММ «BOILER DESIGNER» И «STOKER», ИХ УСТАРЕВШИЕ АНАЛОГИ

Программа «Boiler Designer» [1] разработана фирмами «OPTSIM-K» и «KED» и поддерживается в России фирмой «OPTSIM-K». Она может быть использована для теплового, гидравлического и аэродинамического расчёта котлов на органическом топливе и котлов-утилизаторов. Возможно также выполнение расчёта тепловой схемы энергоблока в целом, в том числе с расчётом внедрённого в эту схему котла. Помимо статических расчётов, можно моделировать и переходные процессы при переменных режимах работы объекта исследования. Здесь мы в основном остановимся на статических тепловых расчётах пылеугольных энергетических котлов.

Программа «Stoker» разработана в ОАО «Всероссийский теплотехнический институт». Она предназначена для проведения теплового расчёта индивидуальных систем пылеприготовления паровых котлов совместно с расчётом газовоздушного тракта котла. Дополнительно предусмотрена возможность определения размольной производительности мельниц.

Недостатком программы «Stoker» в отличие от «Boiler Designer» является то, что она ориентирована на традиционные технологии сжигания органического топлива. Так, например, существует опыт использования «Boiler Designer» для пылеугольных котлов, сжигающих топливо в среде кислорода с рециркуляцией продуктов сгорания (технология Oxyfuel Combustion). Подробности и результаты расчёта такой котельной установки изложены в [2]. Но применить «Stoker» в этой ситуации оказалось невозможно, пришлось разработать другую программу.

Нужно отметить, что до сих пор для расчётов котлов и систем пылеприготовления иногда используются соответственно старые отраслевые программы «Tract» и «Tgar». Авторы и сами имеют большой опыт их применения. Нужно признать, что в свое время «Tract» и «Tgar» были передовыми программными комплексами, но постепенно перестали быть таковыми в связи с быстрым развитием компьютерной техники и технологий. Они, бесспорно, уступают программам «Boiler Designer» и «Stoker» и по интерфейсу, и по возможности представления результатов расчёта. Кроме того, «Boiler Designer» превосходит «Tract» и по области применения, и по возможности детализации расчётных схем, и по возможности выполнения динамических расчётов.

2. ПРОГРАММЫ ДЛЯ РАСЧЁТА ТОПКИ

Минимальное требование к этим программам — возможность определения средней по поверхности выходного окна топки температуры газов и количеств теплоты, воспринятой отдельными участками стен топки с учётом особенностей организации топочного процесса. Указанные параметры используются при создании файла исходных данных для программы «Boiler Designer».

Опыт показывает, что во многих случаях могут быть использованы программные продукты, реализующие расширенный позонный расчёт топки, например программа «Furnace», разработанная на кафедре парогенераторостроения МЭИ.

С другой стороны, от работы топки во многом зависит успешная работа котла в целом, а факельные технологии сжигания усложняются и совершенствуются. Поэтому в настоящее время при создании новых котлов или реконструкции существующих практически всегда выполняют численное моделирование топочного процесса по программам «Fluent», «Sigma Flame» и т.п. Такой

подход позволяет детально учесть особенности каждой конкретной схемы сжигания, однако отличается повышенной трудоёмкостью и сложностью. В большинстве случаев обработка результатов такого моделирования позволяет получить указанные выше параметры.

3. НЕОБХОДИМОСТЬ СОВМЕСТНЫХ РАСЧЁТОВ ТОПКИ, КОТЛА И СИСТЕМ ПЫЛЕПРИГОТОВЛЕНИЯ

Топка является важным элементом котла и оказывает огромное влияние на его работу. Для существующего котла от температуры на выходе из топки ϑ_T'' зависит температурный напор на поверхностях нагрева, расположенных в газоходах. Величина механического недожога q_4 определяется организацией топочного процесса и влияет на КПД котла и расход топлива, в меньшей мере — на скорости газов в поверхностях нагрева. Значения тепловосприятий отдельных фрагментов стен топки (окна, потолка, участков экранов) Q_i учитываются в балансе теплоты по котлу, поэтому от них тоже будут зависеть результаты его расчёта.

Программа «Boiler Designer» позволяет проводить тепловой расчёт топки по инженерным методикам расчёта, изложенным в [3, 4], которые не учитывают всех особенностей современных технологий факельного сжигания. Для учёта этих особенностей топку нужно рассчитывать отдельно, а полученные при этом значения ϑ_T'' , q_4 и Q_i должны быть использованы в качестве исходных данных для «Boiler Designer» (рис. 1). Можно обеспечить такую настройку расчёта, что «Boiler Designer» будет воспроизводить значения ϑ_T'' и Q_i .

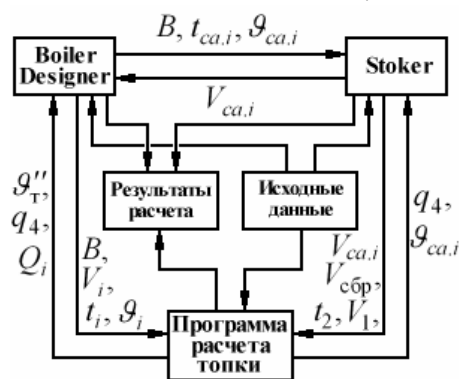


Рис. 1. Примерная схема организации обмена данными при совместном использовании программ

В свою очередь, процессы, протекающие в газоходах котла, тоже оказывают воздействие на работу топки. Это связано с тем, что в топочный объём поступает воздух, нагретый в воздухоподогревателе, и могут поступать газы рециркуляции из промежуточных точек газового тракта. Поэтому некоторые результаты расчёта по «Boiler Designer» должны быть доступны для программы расчёта

топки. К ним относятся объёмные расходы материальных потоков, поступающих из котла в топку V_i , температуры этих потоков t_i и ϑ_i , и, помимо этого, расход топлива B .

Системы пылеприготовления являются важнейшими элементами котельной установки и оказывают огромное влияние на работу пылеугольного котла. Это связано с тем, что компоненты сушильного агента или транспортирующей среды формируются из теплоносителей, используемых в котле. Отбор части теплоносителей из трактов котла в системы пылеприготовления влияет на протекание процессов теплообмена и в конечном счёте на КПД котла и расход топлива. Поэтому объёмные расходы компонентов сушильного агента $V_{ca,i}$, полученные в результате теплового расчёта пылесистем по программе «Stoker», должны быть учтены при проведении расчётов по программе «Boiler Designer».

Но работа самих систем пылеприготовления гораздо больше зависит от режима работы котла. На условия сушки топлива влияют температуры компонентов сушильного агента $t_{ca,i}$ и $\vartheta_{ca,i}$. Важна и топливная загрузка пылесистем, которая определяется расходом топлива на котёл B . Поэтому значения B , $t_{ca,i}$ и $\vartheta_{ca,i}$, полученные в результате расчётов по «Boiler Designer», должны быть доступны для программы «Stoker».

Более подробно вопросы, связанные с необходимостью совместного расчёта котла и систем пылеприготовления, рассмотрены в [5].

В качестве компонентов сушильного агента в топку могут поступать продукты сгорания как из газоходов котла, так и из топки. Поэтому в некоторых случаях в «Stoker» должно передаваться значение температуры $\vartheta_{ca,i}$, полученное при расчёте топки, и во всех случаях — величина механического недожога q_4 . Но объёмный расход отбираемых из топки на сушку газов определяется программой «Stoker», и величина этого расхода $V_{ca,i}$ должна быть доступна для программы расчёта топки.

Кроме того, при проведении расчётов нужно учитывать, что из пылесистем в топку поступают потоки аэросмеси, а иногда и сбросного воздуха. Поэтому объёмные расходы первичного воздуха V_1 и сброса $V_{сбр}$, полученные в результате расчёта по программе «Stoker», должны передаваться в программу расчёта топки. В некоторых случаях должно передаваться и значение температуры на выходе из пылесистем t_2 .

Нужно отметить, что схему обмена данными между программами расчёта, показанную на рис. 1, практически невозможно организовать в автоматическом режиме, без участия человека. Это связано с возможностями и особенностями используемого программного обеспечения.

4. ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ СОВМЕСТНЫХ РАСЧЁТОВ ТОПКИ, КОТЛА И ПЫЛЕСИСТЕМ И НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ТАКИХ РАСЧЁТОВ

Накопленный опыт выполнения расчётов показывает, что при использовании программ «Fluent» и «Sigma Flame» затруднительно в полной мере реализовать схему, показанную на рис. 1. Из-за больших затрат времени реально провести только два расчётных исследования работы топки: в начале совместных расчётов (предварительное) и ближе к их завершению (окончательное). Именно так «Sigma Flame» применялась в исследованиях, описанных в [6], и этого оказалось вполне достаточно.

Количество совместных расчётов котла и пылесистем между указанными двумя исследованиями топочного процесса может быть значительно больше, потому что расчёты по «Boiler Designer» и «Stoker» протекают гораздо быстрее.

Программа «Stoker» позволяет выбрать удобный формат представления результатов: систему

единиц, приведение к нормальным или к рабочим условиям, в пересчёте на котел или на одну пылесистему. Это важно, так как позволяет сразу, без уточнения, внедрять полученные в результате расчёта пылесистем расходы компонентов сушильного агента $V_{ca.i}$ в тепловой расчёт котла.

На рис. 2 представлена расчётная схема газового тракта пылеугольного котла для программы «Boiler Designer». В правой нижней части схемы предусмотрен клапан для отбора газов на сушку. Используя этот клапан, можно по ходу протекания счёта выставить нужное значение $V_{ca.i}$, полученное в тепловом расчёте систем пылеприготовления.

На рис. 3 представлена расчётная схема сложного воздушного тракта другого пылеугольного котла. В ней предусмотрено сразу несколько клапанов для распределения потоков воздуха. Два из них предназначены для задания значений $V_{ca.i}$ потоков подогретого и горячего воздуха, которые подаются на сушку в пылесистемы, и рассчитаны по программе «Stoker».

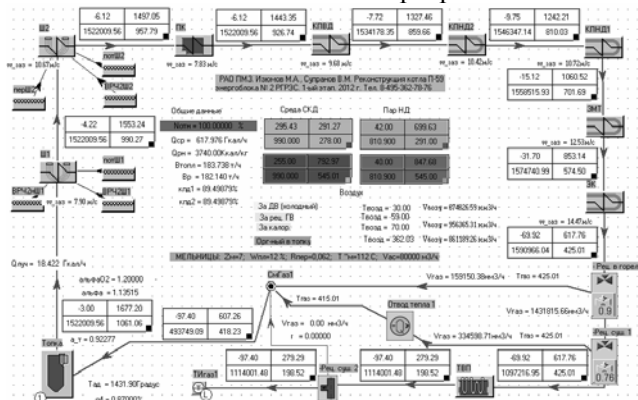


Рис. 2. Расчётная схема газового тракта котла с клапанами отбора газов на рециркуляцию

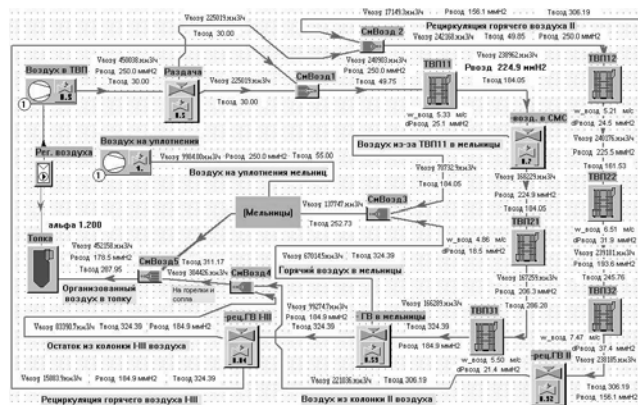


Рис. 3. Расчётная схема воздушного тракта котла с клапанами для распределения потоков воздуха

Возможность использования клапанов для перераспределения потоков теплоносителей по ходу расчёта, визуализация которого происходит на экране, является важной отличительной особенностью программы «Boiler Designer». Кроме этого, предусмотрены специальные регуляторы, позволяющие управлять клапанами для поддержания заданных значений тех или иных параметров. Все это позволяет эффективно работать с расчёт-

ными схемами сложных объектов и адекватно моделировать различные режимы их работы.

Обычно достаточно нескольких итераций, а для простых объектов даже трёх-четырёх, для того чтобы провести согласованный расчёт котла и систем пылеприготовления. Конкретные рекомендации по этому поводу приведены в [5]. Там же даны рекомендации по разработке адекватных расчётных моделей котлов.

Безусловно, иногда возникают сложности в использовании перечисленного программного обеспечения применительно к конкретной ситуации или даже обнаруживаются отдельные недостатки, которые следовало бы устранить. В этой связи нужно отметить, что разработчики программ, в частности «Boiler Designer», непрерывно занимаются совершенствованием своих продуктов, в том числе и по аргументированным просьбам пользователей.

Существует большой опыт проведения совместных расчётов. Многие результаты опубликованы, в том числе в работах [2, 6], о которых уже упоминалось выше. Сюда же можно отнести исследования [7, 8], в которых рассматриваются актуальные вопросы перевода котлов на непроектные виды топлива, а также [9], где исследовались сложные режимы работы котла с ЦКС с применением программы «Boiler Designer».

Накопленный опыт расчётных исследований используется и в учебном процессе на кафедре паровых и газовых турбин МЭИ. Программа «Boiler Designer» применяется уже при подготовке бакалавров по профилю «Котлы, камеры сгорания и парогенераторы АЭС». Но совместные расчёты топки, котла и пылесистем используются, как правило, при подготовке выпускных работ студентов, обучающихся по магистерской программе «Энергетические установки на органическом и ядерном топливе». Подробно это было рассмотрено в публикации [10]. Такое построение учебного процесса приветствуется потенциальными работодателями, поскольку рассматриваемые программные продукты широко используются в отрасли. Для разработчиков программного обеспечения это тоже полезно как с позиций совершенствования программ, так и в плане их популяризации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При проектировании и исследовании режимов работы котельных установок целесообразно применять такие современные программные продукты, как «Boiler Designer», «Stoker», «Fluent» и «Sigma Flame». Опыт показывает, что при совместном использовании этих программ можно адекватно смоделировать сложные режимы работы котлов, топков и систем пылеприготовления. Целесообразно и применение этого программного обеспечения при под-

готовке магистров по соответствующим направлениям, так как при этом улучшается качество обучения в целом и повышается уровень выполнения магистерских диссертаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Доверман Г.И., Шельгин Б.Л., Мошкарин А.В.** Расчёт котельных агрегатов с использованием современных программных продуктов. Иваново: ГОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет», 2007.
2. **Супранов В.М., Баторшин В.А., Штегман А.В., Мельников Д.А.** Исследование возможности и целесообразности работы котла Пп-1900-25-570КТ в режиме кислородного сжигания топлива // Теплоэнергетика. 2012. № 8. С 10—18.
3. **Тепловой расчёт котельных агрегатов (Нормативный метод) / под ред. Н.В. Кузнецова.** М.: Энергия, 1973.
4. **Тепловой расчёт котлов (Нормативный метод).** — 2-е изд. СПб.: ЦКТИ, 1998.
5. **Изюмов М.А., Супранов В.М.** Проведение согласованных тепловых расчётов котла и систем пылеприготовления на базе адекватных расчётных моделей // Труды XVIII междунар. науч.-техн. конф. «Информационные средства и технологии». Т. 3. М.: Издательский дом МЭИ, 2010. С. 166—173.
6. **Супранов В.М., Ильин А.В.** Исследование работы котла Пп-2450-25,5-545БТ энергоблока № 3 Березовской ГРЭС-1 на основе совместных расчётов топки, котла и пылесистем // Труды XXI междунар. науч.-техн. конф. «Информационные средства и технологии». Т. 1. М.: Издательский дом МЭИ, 2013. С. 179—185.
7. **Изюмов М.А., Супранов В.М., Росляков П.В.** Исследование возможности перевода котлов ТП-92 Яйвинской ГРЭС на непроектные виды углей // Теплоэнергетика. 2008. № 9. С. 7—18.
8. **Супранов В.М., Изюмов М.А., Росляков П.В.** Исследование возможности работы котла ТПЕ-208 энергоблока № 1 Смоленской ГРЭС на непроектных углях // Теплоэнергетика. 2011. № 1. С. 44—54.
9. **Супранов В.М., Рябов Г.А., Мельников Д.А.** Исследование возможности и целесообразности работы котла Пп-1000-25-585 с циркулирующим кипящим слоем в режиме кислородного сжигания топлива // Теплоэнергетика. 2011. № 7. С. 56—64.
10. **Супранов В.М., Изюмов М.А., Вахрамеев Е.Н.** Использование программ «Boiler Designer» и «Stoker» при подготовке магистров по направлению «Энергетическое машиностроение» // Труды междунар. науч.-методич. конференции «Информатизация инженерного образования — ИНФОРИНО—2014». М.: Издательство МЭИ, 2014. С. 285—288.

V.M. Supranov, M.A. Izumov, E.N. Vahrameev, A.D. Smirnov

svm-mpei@mail.ru; IzumovMA@mpei.ru; Vahrameev.E.N@mail.ru; ant-smir@mail.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

THE USE OF MODERN SOFTWARE FOR CALCULATION OF BOILER INSTALLATIONS

SUMMARY

The report examines the experience of long-term use of programs «Boiler Designer», «Stoker» and various programs for the calculation of the furnace in the practical work carried out with the participation of the authors. Performance potential of programs is discussed, methodological developments for its application and some concrete results are presented.

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

АННОТАЦИЯ

Рассматривается применение CAD/CAM/CAE-систем и их модель функционирования при конструкторско-технологической подготовке производства. Приводится конкретный пример и анализируются полученные результаты.

ВВЕДЕНИЕ

Быстрый темп развития современного рынка товаров и услуг требует от производителя выпуска конкурентноспособной продукции, что приводит к увеличению материальных затрат и трудоёмкости инженерных проектов конструкторско-технологической подготовки производства. Для сокращения времени и затрат на инженерные разработки целесообразно применение компьютерного проектирования с помощью CAD/CAM/CAE-систем [1].

1. МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ CAD/CAM/CAE-СИСТЕМ

Объединение задач, решаемых данными системами, в рамках одной обусловлено тем, что их решение базируется на использовании единой трёхмерной геометрической модели изделия.

Общность модели помогает избежать всех проблем, связанных с передачей данных из одной системы в другую через свои внутренние или согласованные форматы, обеспечивает интегрированное решение проектных задач, а также позволяет применить прототипирование изделия [2].

Модель функционирования CAD/CAM/CAE систем представлена на рис. 1.

Особенностью функционирования этой модели является то, что разрабатываемые в CAD-системе конструкторские решения подвергаются исследованиям с помощью CAE-системы. По результатам исследований выполняются соответствующие изменения конструкции или параметров проектируемой оснастки. При необходимости выполняются повторные исследования до получения оптимального или просто приемлемого результата, что позволяет избежать материальных затрат, связанных с появлением брака [3].

На мировом рынке сегодня предлагается широкий спектр CAD/CAM/CAE-систем. Наиболее распространены CATIA, Unigraphics, Pro/Engineer, Cimatron, PowerShape, PowerMill, SolidWorks, SolidEdge, SolidCam, системы компании Autodesk. Существуют и отечественные разработки — КОМПАС-3D, СПРУТ, T-Flex, ГеММа-3D др.

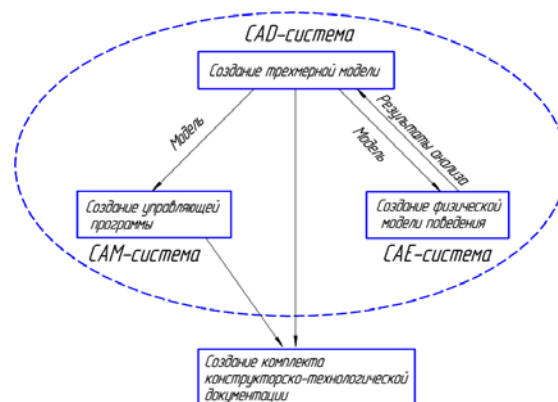


Рис. 1. Модель функционирования CAD/CAM/CAE-систем

При выборе тех или иных систем проектировщик ориентируется на их стоимость, сложность и область применения.

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОЕКТА

Конечным результатом инженерного проекта с применением CAD/CAM/CAE-систем является комплект конструкторско-технологической документации, который включает в себя чертежи, технологический процесс изготовления, расчётно-технологическую карту с управляющей программой для обработки на станке с ЧПУ и инженерные расчёты [4]. Автоматизированная конструкторско-технологическая подготовка производства включает в себя следующие этапы:

- создание 3D модели заданной детали;
- создание 3D модели заготовки с учётом припусков и технологии её изготовления;
- создание 3D модели приспособлений для зажима детали в процессе её изготовления;
- моделирование силовой нагрузки, возникающей в процессе обработки и при зажатии детали в приспособлении;
- создание управляющей программы на основе имеющейся 3D модели детали.

При неудовлетворительных результатах инженерных расчётов проводится коррекция размеров элементов приспособления [5].

3. ВЫПОЛНЕНИЕ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОЕКТА С ПРИМЕНЕНИЕМ CAD/CAM/CAE-СИСТЕМ

Технологическая подготовка производства с применением систем автоматизации проведена для детали «Втулка шлицевая» из титанового

сплава ВТ9, изготавливаемая на ОАО «Уфимское моторостроительное производственное объединение». Для автоматизированного проектирования была выбрана САД-система SolidWorks, в которой были созданы модель детали, заготовки для «Втулки шлицевой» и приспособления — трехкулачкового патрона (рис. 2, 3).

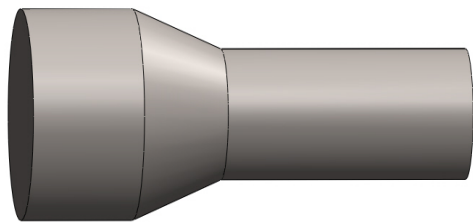


Рис. 2. 3D модель заготовки

Полученные модели подверглись анализу на собираемость в изделии, что показало удовлетворительные результаты.

При анализе на технологичность выявили, что деталь является тонкостенной и обладает невысокой жёсткостью, что может привести к деформации технологической базы при воздействии зажимных усилий со стороны кулачков патрона и увеличению погрешности по диаметру обрабатываемой поверхности при действии радиальной составляющей силы резания.

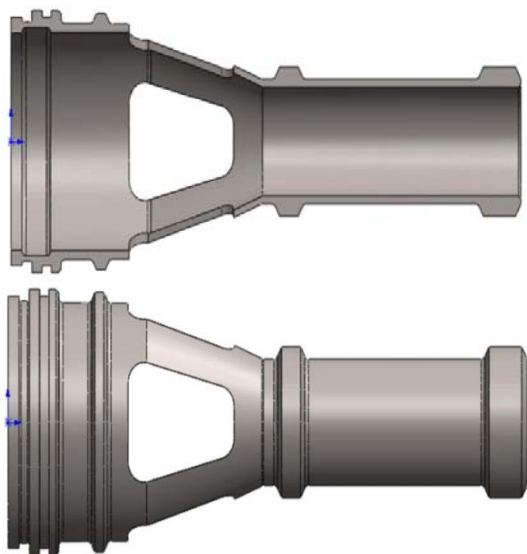


Рис. 3. 3D модель детали

Для предотвращения появления вышеперечисленных факторов необходимо провести инженерный анализ, а также:

- импортировать созданные модели детали и приспособления через внутренний интерфейс в САЕ-систему SolidWorks Simulation;
- создать физическую модель силового воздействия на деталь в процессе обработки, установленную в приспособлении (рис. 4);
- определить влияние величины силы резания на погрешность размера обрабатываемой поверхности.

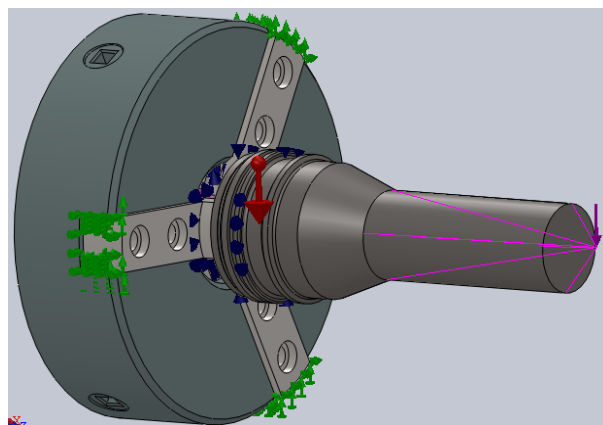


Рис. 4. Наложение ограничений и силовой нагрузки

По результатам расчёта при крутящем моменте $M_{кр} = 161,4$ Нм, тангенциальной силе $P_z = 787,4$ Н, радиальной силе $P_y = 315$ Н и осевой силе $P_x = 197$ Н, что соответствует подаче $S = 0,2$ мм, $t = 1,5$ мм, $V = 75$ м/мин:

- проведена коррекция ширины кулачков и ненадёжных с точки зрения прочности элементов приспособления;
- достигнуты значения максимально действующих напряжений *Von Mises*, не превышающих предельно допустимых напряжений материала (рис. 5);
- максимальные перемещения 0,1033 мм детали с патроном не превышают технологический допуск на самую точную операцию — 0,16 мм. (рис. 6);
- получены незначительные результирующие деформации, которые составляют $1,969 \times 10^{-4}$ при модуле упругости — 112 ГПа (рис. 7).

Модели детали и приспособлений послужили основой для создания пакета конструкторской документации [6].

Для создания управляющей программы использовали САМ-систему CAMWorks. В данном программном продукте осуществили:

- выбор заготовки (рис. 8);
- выбор соответствующего оборудования (рис. 9);

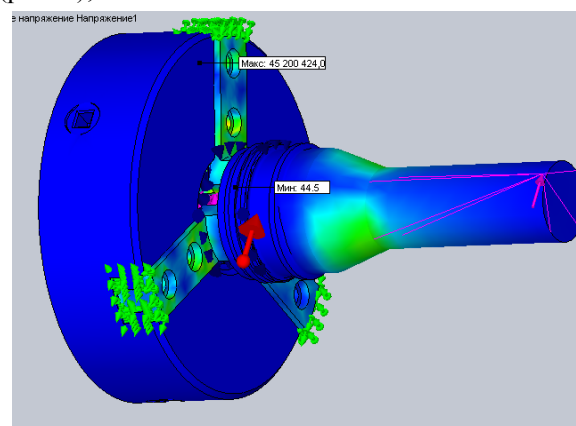


Рис. 5. Эпюра максимальных напряжений по *Von Mises*

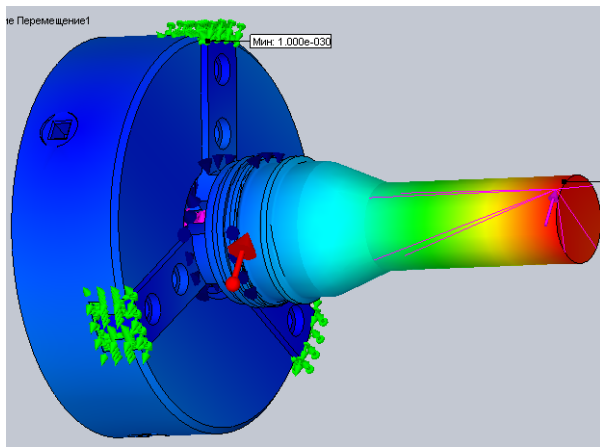


Рис. 6. Эпюра эквивалентных перемещений

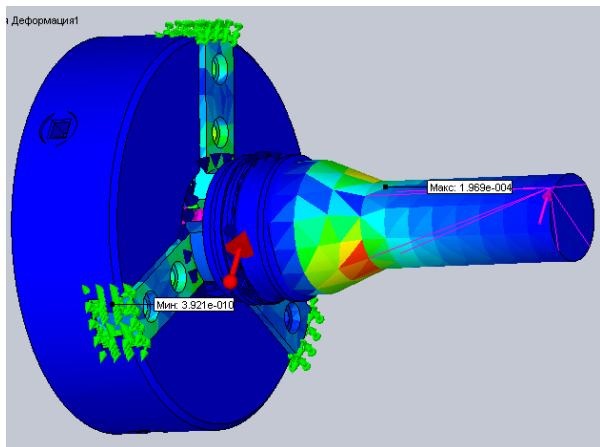


Рис. 7. Эпюра эквивалентных деформаций

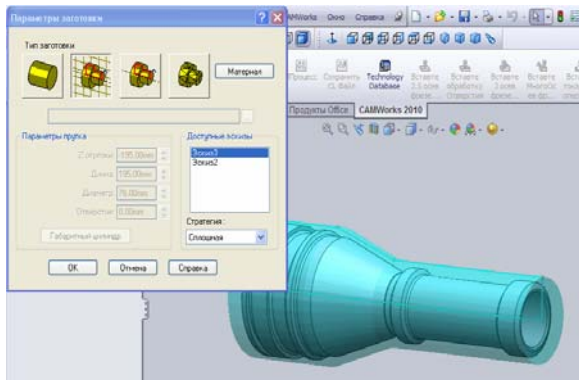


Рис. 8. Выбор заготовки

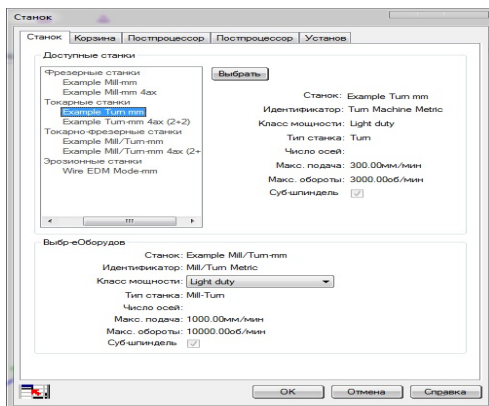


Рис. 9. Выбор оборудования и стойки ЧПУ

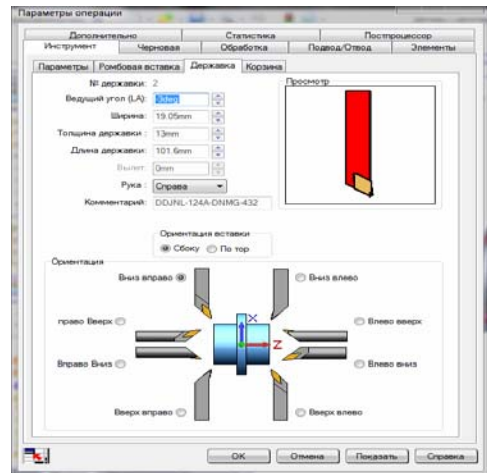


Рис. 10. Выбор режущего инструмента



Рис. 11. Симуляция процесса обработки

- выбор режущего инструмента. Кроме того, назначены режимы резания (рис. 10);
- создание симуляции 3D процесса обработки (рис. 11);
- получение управляющей программы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, применение автоматизации инженерных проектов с применением CAD/CAM/CAE-систем позволило сократить время проектирования изделия и технологической подготовки производства, повысить качество эксплуатационных характеристик проектируемого изделия, исключить появление брака в процессе изготовления, что приведёт к повышению эффективности производства, конкурентоспособности в условиях рыночной экономики и снижению материальных затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зильбербург Л.И., Молочник В.И., Яблочников Е.И. Ренинжиниринг и автоматизация технологической подготовки производства в машиностроении. СПб.: Компьютербург, 2003. 152 с.
2. Шишкин Ф.Т., Шишкина А.Ф. Компетентный подход в высшем профессиональном образовании // Современные проблемы науки и образования в техническом вузе: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Уфа, 2013. С. 283—288.

3. **Муравьёва Е.А.** Методология автоматизированного управления многосвязными технологическими процессами, реализованная на многомерных чётких логических регуляторах // Современные проблемы науки и образования в техническом вузе: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Уфа, 2013. С. 102—107.
4. **Суханова Н.Н.** Техничко-экономическое обоснование интенсификации нестационарных режимов при токарной обработке на мехатронном оборудовании // Современные проблемы науки и образования в техническом вузе: материалы II Международной научно-практической конференции. Часть 1. 2015. С. 226—232.
5. **Deryabin V.I., Postnov V.V., Sukhanova N.N.** Forced cutting of recalcitrant materials in mechatronic turning // Russian Engineering Research. 2008. Vol. 28. No 1. P. 63—65.
6. **Дерябин В.И., Рябов Ю.В., Суханова Н.Н.** Особенности электронного представления изделий в рамках ИПИ-технологий // СТИН. 2007. № 10. С. 5—7.

K.V. Sukhanova

Nsukhanova@inbox.ru

National Research University «Ufa State oil technical University», Ufa

AUTOMATION OF DESIGN AND TECHNOLOGICAL PREPARATION OF PRODUCTION

SUMMARY

Discusses the use of CAD/CAM/CAE-systems and their operating model in design-technological preparation of production. A specific example and analysis of obtained results.

СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ТЕПЛОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ГТУ

АННОТАЦИЯ

В докладе рассматриваются методика и система обработки экспериментальных данных тепловых испытаний энергетической ГТУ простого цикла.

ВВЕДЕНИЕ

Тепловые испытания проводятся для определения тепловых характеристик ГТУ и составления режимных карт, которые необходимы для организации эксплуатации и контроля технического состояния ГТУ, а также для определения величины и причин изменения характеристик ГТУ в процессе эксплуатации, оценки эффективности изменений порядка обслуживания, ремонтов и проведённых на оборудовании реконструктивных мероприятий или модернизации. Оперативная оценка технического состояния оборудования позволяет определить прогнозируемый период до капитального ремонта, преследующего своей целью устранение эффекта старения и предотвращение отказа оборудования, что в конечном счёте обеспечит снижение эксплуатационных (за счёт снижения затрат топлива на операции аварийного останова, последующего пуска и вынужденного перераспределения нагрузок) и капитальных затрат на ремонт оборудования. АСУ ТП современных ГТУ создаются на базе мощных программно-технических комплексов (ПТК), функции которых, однако, не включают оперативную техническую и функциональную диагностику оборудования.

Техническое состояние ГТУ определяется на основании сравнения фактических параметров (в основном это электрическая мощность и КПД), получаемых в процессе эксплуатации, с их базовыми значениями, предоставляемыми заводом-изготовителем, либо с параметрами и характеристиками, полученными на этапе приёмосдаточных тепловых испытаний. Для диагностики причин возможных изменений показателей ГТУ необходимо определить внутренние показатели основных элементов ГТУ: КПД и приведённые расходы турбомашин, химический недожог топлива, потери давления в трактах и т.д. При этом оценка технического состояния ГТУ в процессе эксплуатации затрудняется ограниченным количеством штатно-измеряемых параметров, которые могут быть использованы для диагностики. Для расчёта внутренних показателей при ограниченном объёме измеряемых параметров

используются специальные методики, в основе которых лежат балансовые уравнения. Эти расчёты носят достаточно трудоёмкий характер, поэтому при проведении обработки экспериментальных данных тепловых испытаний ГТУ большое значение имеет расчётное их сопровождение. Время расчётного анализа экспериментальных данных тепловых испытаний может быть значительно сокращено при использовании инженерного программного обеспечения. Разработанная система обработки экспериментальных данных тепловых испытаний энергетической ГТУ позволяет получить необходимые характеристики ГТУ при достаточно скромных затратах вычислительных ресурсов и времени.

1. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ИСПЫТАНИЙ И ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Специалистами ОАО «ВТИ» разработана методика тепловых испытаний и обработки экспериментальных данных [1], которая позволяет получить достоверные характеристики энергетических ГТУ, пригодные для планирования работы и контроля их показателей. Зависимости мощности и КПД ГТУ от расхода тепла топлива и внешних условий определяются с необходимой точностью с помощью ограниченного объёма штатных измерений (рис. 1), использования балансовых уравнений и статистической обработки данных. При проведении тепловых испытаний с помощью штатных приборов могут фиксироваться режимы работы ГТУ в процессе пусконаладочных работ, комплексного опробования и эксплуатации. Использование штатных приборов принципиально обосновано тем, что по ним же осуществляется контроль показателей и состояния ГТУ при эксплуатации. Для обработки выбираются стабильные режимы, как правило, после длительного, более одного часа, прогрева. Обработка экспериментальных данных проводится в соответствии со стандартом [2]. При обработке результатов испытаний некоторые важные параметры, среди которых расход воздуха в цикле и температура газов перед турбиной не определяются по результатам прямых измерений. Их рассчитывают из баланса энергии, составленного для контрольного объёма ГТУ (рис. 2), прибегая при этом к определённым упрощениям.

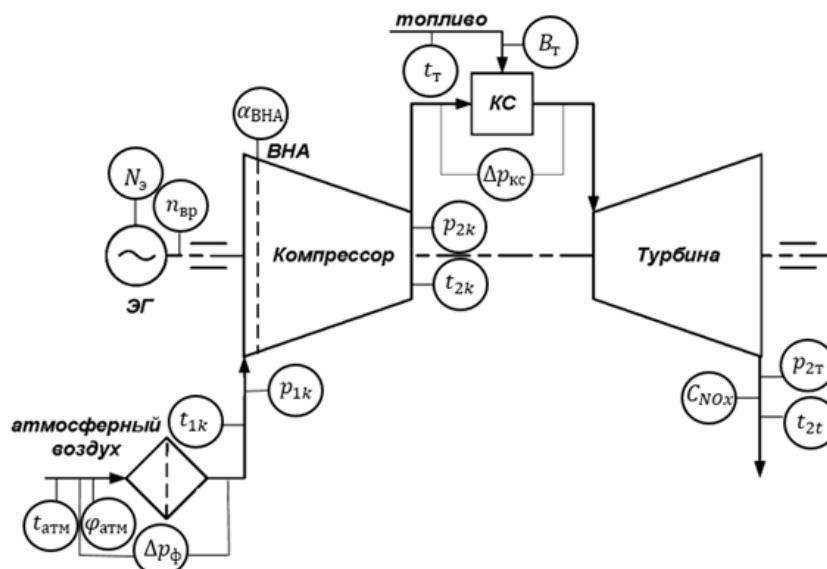


Рис. 1. Принципиальная тепловая схема одновальной ГТУ с указанием мест измерения параметров

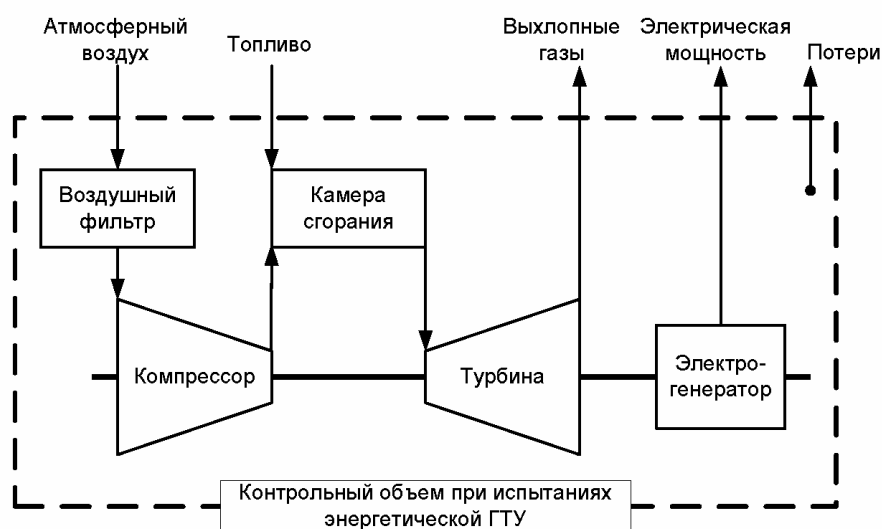


Рис. 2. Контрольный объём при испытаниях энергетической ГТУ

2. СИСТЕМА ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕПЛОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ГТУ

Для сбора и обработки экспериментальных данных тепловых испытаний удобно использовать табличный процессор Microsoft Excel (Microsoft Office), широко распространённый в большинстве стран мира. Microsoft Excel совмещает в себе преимущества электронных таблиц с большим количеством встроенных функций и средств визуального программирования Visual Basic for Applications. VBA позволяет автоматизировать весь комплекс работ от сбора информации, её обработки, анализа до создания отчетной документации и её публикации как для офисного пользования, так и на Web-узле. Сегодня система Microsoft Excel стала дежурной повседневной компьютерной системой во всех подразделениях ТЭС.

Система обработки результатов тепловых испытаний ГТУ использует среду Microsoft Excel

для ввода исходных данных и вывода результатов расчёта. Расчёт тепловой схемы ГТУ происходит последовательно в соответствии с расположением её элементов (компрессора, камеры сгорания и газовой турбины) по ходу рабочей среды. Каждый из элементов ГТУ описывается системой нелинейных уравнений, для решения которой на соответствующем этапе расчёта используется метод итераций. Расчёт тепловой схемы ГТУ реализован программно с помощью встроенного языка программирования Visual Basic for Applications (VBA). Программа расчёта тепловой схемы ГТУ имеет блочно-модульную структуру, позволяющую легко наращивать расчётные возможности. Блок программных модулей представляет собой набор процедур, подпрограмм и функций, написанных на языке VBA и реализующих те или иные расчётные возможности. Программа содержит следующие модули:

- модуль «Исходные данные», содержащий подпрограмму, считывающую исходные данные, определяющие режим работы ГТУ;

- модуль «Объявление переменных», содержащий указание на тип и описание используемых в расчёте переменных;

- модули расчёта отдельных элементов ГТУ (компрессора, газовой турбины, камеры сгорания);

- модуль «Свойства воды и водяного пара», реализующий формулировку IF-97 по расчёту свойств воды и водяного пара [3];

- модуль «Свойства газов», реализующий расчёт свойств воздуха, газообразного топлива и продуктов сгорания [4];

- модуль «Обработчик ошибок», выполняющий функции первичной (после ввода исходных данных) и вторичной (в процессе выполнения расчёта) проверок, обеспечивающих минимизацию ошибок пользователя при работе с расчётом;

- модуль «Вывод результатов», реализующий вывод результатов на рабочий лист.

Ввод исходных данных и вывод результатов расчёта осуществляются на рабочих листах

Microsoft Excel, форматированных определённым образом. Программа содержит следующие рабочие листы:

- лист «Режимы работы ГТУ», фрагмент которого представлен на рис. 3, содержит информационные ячейки и ячейки для ввода исходных данных, а также элементы управления, позволяющие выбрать режим расчёта и представленные в виде элементов управления VBA;

- лист «Графические зависимости» (рис. 4) содержит графические зависимости характеристик ГТУ и её элементов;

- лист «Свойства газов» иллюстрирует использование функций свойств газообразного топлива и продуктов сгорания, заложенных в программе;

- лист «Свойства воды и пара» иллюстрирует использование функций свойств воды и водяного пара, заложенных в программе.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Расчет температуры газов перед турбиной:		по приведенному расходу газов через турбину				
2			по расходу топлива в камеру сгорания				
3	Расчет		по приведенному расходу газов через турбину				
4							
5	Наименование параметра		Обозначение	Размерность	1	2	3
6	1.1	Дата		чч.мм.гг	30.09.2014	01.10.2014	01.10.2014
7	1.2	Время	-	чч.мм	20:10-21:00	16:38-17:08	17:14-17:54
8	ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ						
9	1.3	Мощность ГТУ	$N_{эд}$	МВт	14.8	29.9	59.9
10	1.4	Открытие ВНА	$\alpha_{ВНА}$	%	0.0	0.0	0.0
11	1.5	Частота вращения вала	n	об/мин	3000.0	3000.0	3000.0
12	1.6	Влажность атмосферного воздуха	ϕ	%	70.2	63.3	63.3
13	1.7	Влажность атмосферного воздуха	d	г/кг	5.1	4.0	3.8
14	1.8	Температура наружного воздуха	$t_{нв}$	°C	9.2	7.2	6.4
15	1.9	Температура воздуха перед компрессором	$t_{1К}$	°C	9.2	7.2	6.4
16	1.10	Температура воздуха за компрессором	$t_{2К}$	°C	306.2	306.7	318.5
17	1.11	Температура газов за диффузором турбины	$t_{2Т}$	°C	362.5	394.5	468.2
18	1.12	Разрежение воздуха перед компрессором	$\Delta P_{1К}$	кПа	0.4152	0.4083	0.4106
19	1.13	Давление воздуха перед компрессором	$P_{1К}$				
20	1.14	Абс. давление воздуха за компрессором	$P_{2К}$				
21	1.15	Перепад давления в КС	$\Delta P_{КС}$				
22	1.16	Избыточное давление газов за турбиной	$\Delta P_{2Т}$				
23	1.17	Расход топлива перед ГТУ	B_m				
24	1.18	Теплотворная способность топлива	$Q_{нв}^*$				
25	1.19	Плотность топлива при ст.у.	ρ_m				
26	1.20	Температура топлива	$t_{топл}$				
27	РАСЧЕТ ГТУ						
28	2.1	Расход тепла в КС	$\Delta Q_{КС}$				
29	2.2	КПД ГТУ	$\eta_{ГТУ}$				
30	2.3	Удельный расход топлива на ГТУ	b_m				
31	2.4	Удельный расход тепла топлива	q_m				
32	2.5	Электрические потери	$\Delta N_{эл}$				
33	2.6	Механические потери	$\Delta N_{мех}$				

Выполнение расчета

1. Считывание исходных данных: Выполнено
2. Расчет компрессора: Выполнено
3. Расчет камеры сгорания: Выполнено
4. Расчет турбины: Выполнено
5. Расчет электрической мощности ГТУ: Выполнено
6. Расчет окончен

Количество итераций по температуре газов перед турбиной: 6

Завершить

Рис. 3. Фрагмент рабочего листа «Режимы работы ГТУ»

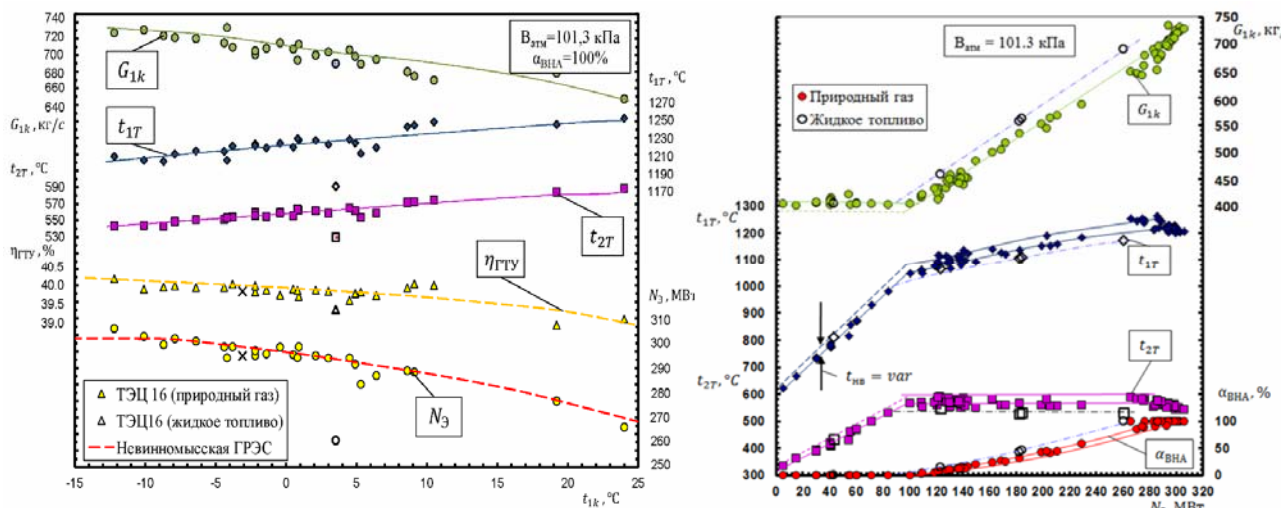


Рис. 4. Фрагмент рабочего листа «Графические зависимости»

Для информирования пользователя об ошибках, допущенных при вводе исходных данных, и о ходе выполнения программы (этап расчёта, количество внешних итераций и время выполнения расчёта) предусмотрен блок диалоговых форм.

Текст всех программных модулей и диалоговых форм — открытый (принцип open source), что позволяет пользователю при необходимости выполнять корректировку работы программы самостоятельно

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одним из ключевых вопросов эксплуатации современных ГТУ является оценка их технического состояния для проведения своевременных мероприятий по обслуживанию и ремонту. Разработанная в табличном процессоре Microsoft Excel система обработки экспериментальных данных тепловых испытаний ГТУ, проведённых с использованием штатной системы измерений, позволяет получить достоверные данные о параметрах и показателях

ГТУ и её основных элементов в широком диапазоне нагрузок и климатических условий при достаточно скромных затратах вычислительных ресурсов и времени. Использование этой системы в составе ПТК позволяет реализовать в нём функции оперативной технической и функциональной диагностики ГТУ, повысив тем самым эффективность ПТК и АСУ ТП, созданной на его основе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ольховский Г.Г., Радин Ю.А., Туз Н.Е., Мельников В.А.** Тепловые испытания газотурбинной установки мощностью 280 МВт // Электрические станции. 2014. № 5. С. 19—24.
2. **ISO 2314:2009.** Турбины газовые. Приёмочные испытания.
3. **Александров А.А., Григорьев Б.А.** Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара: справочник. М.: Издательство МЭИ, 1999.
4. **Ривкин С.Л.** Термодинамические свойства воздуха и продуктов сгорания топлив: справочник. М.: Энергоатомиздат, 1984.

B.D. Teplov, V.D. Burov

grigorypechorin1840@gmail.com; BurovVD@mail.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

THE SYSTEM OF EXPERIMENTAL DATA PROCESSING OF HEAVY-DUTY GAS TURBINE THERMAL TESTS

SUMMARY

The report is devoted to the method and the system of experimental data processing of heavy-duty gas turbine thermal tests.

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЗАДАНИЙ В ВИРТУАЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ ГРИД НА ОСНОВЕ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

АННОТАЦИЯ

В работе рассмотрены вопросы формирования пакетов заданий при планировании вычислений в грид. Стратегии формирования пакетов оцениваются с точки зрения удовлетворения предпочтений пользователей. В рассматриваемой модели предпочтения пользователей виртуальной организации (ВО) выражены критерием оптимизации, указываемом в ресурсном запросе задания. Рассматриваются различные сочетания таких критериев в пакете заданий и выделяются сочетания, обеспечивающие максимальную эффективность планирования.

ВВЕДЕНИЕ

Большие распределённые вычислительные среды (РВС), такие как грид [1], характеризуются гетерогенностью, слабой связанностью, динамичностью состава вычислительных узлов. Задания, поступающие от пользователей виртуальной организации (ВО), имеют различные требования к ресурсам. Одни из наиболее эффективных подходов управления ресурсами в таких средах строятся на основе экономических принципов [2]. Использование экономических принципов позволяет найти компромисс между интересами собственников вычислительных ресурсов и пользователей. Важной задачей при планировании является «справедливое» распределение ресурсов РВС, предполагающее, что все участники распределённых вычислений в той или иной степени могут влиять на процесс планирования.

1. ПЛАНИРОВАНИЕ В РАСПРЕДЕЛЁННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДАХ

Можно выделить следующие модели управления заданиями в РВС. Децентрализованная диспетчеризация заданий — одна из первых моделей управления заданиями. Все участники вычислений могут выступать одновременно и собственниками, и потребителями ресурсов, а планировщики ресурсов, как правило, работают локально на стороне клиента и представляют его интересы. Такая модель реализована, например, в системе AppLeS [3]. При использовании иерархической диспетчеризации заданий (система X-Com [4]) имеется центральный планировщик (метапланировщик), оперирующий с метазаданиями. Сами задания представляются ресурсными запросами пользователей. Данная модель позволяет использовать доступные ресурсы более эффективно, поскольку возможна оптимизация выполнения потока заданий пользователей, а вся информация

о состоянии ресурсов хранится в информационной базе метапланировщика. Кроме того, в такой модели возможен перезапуск задания в случае сбоя, а также глобальный мониторинг.

Во многих современных РВС используются такие методы и алгоритмы планирования, как FCFS (First Come First Served), бэкфиллинг, различные механизмы вычисления приоритетов пользователей и заданий, и разделения ресурсов. Важным аспектом при выполнении потока заданий является преимущественное соблюдение дисциплины очереди, основанной на приоритетах заданий. С другой стороны, использование экономических принципов позволяет осуществить более справедливое распределение ресурсов, как учитывая параметры отдельных заданий, так и оптимизируя выполнение всего потока заданий. Одной из систем планирования, использующих экономические принципы, является циклическая схема планирования (ЦСП) [5], рассматриваемая в данной работе. ЦСП использует иерархическую диспетчеризацию заданий и позволяет реализовать политику планирования потока заданий в ВО с использованием различных критериев, а также с учётом предпочтений отдельных пользователей. Экономические принципы лежат в основе балансировки интересов как пользователей, так и владельцев ресурсов. Администраторы ВО устанавливают политику предоставления ресурсов, которая формализуется соответствующими критериями. При планировании пакета заданий интересы ВО ставятся выше приоритетов отдельных заданий, что позволяет оптимизировать общие параметры выполнения всего потока. Для учёта предпочтений пользователей в ресурсном запросе дополнительно вводится возможность задания критерия оптимизации.

Планирование в ЦСП осуществляется циклично на основе динамически обновляемых расписаний вычислительных узлов. В каждом цикле планирования решаются следующие задачи: формирование из глобальной очереди заданий потоков, соответствующих доменам РВС, формирование системы (пакетов) заданий в текущем цикле планирования и выполнение системы заданий в соответствии с политикой ВО. Собственно процесс планирования в ЦСП состоит из двух этапов. На первом этапе происходит поиск альтернативных вариантов выполнения (альтернатив) для каждого задания. Второй этап состоит в выборе комбинации альтернатив в соответствии с

критерием оптимизации, принятым в ВО. Примером задачи оптимизации на этом этапе может служить минимизация суммарного времени выполнения пакета заданий при ограничении на бюджет виртуальной организации.

Ресурсный запрос задания в ЦСП включает следующие характеристики: минимально необходимая для выполнения задания производительность узла, максимальная суммарная стоимость (бюджет) выполнения задания, требуемое число вычислительных узлов, а также время, на которое необходимо зарезервировать ресурсы. Кроме того, в ресурсный запрос вводится пользовательский критерий, например, время или стоимость выполнения.

Каждый вычислительный узел, в свою очередь, характеризуется производительностью (нами рассматривается показатель, выраженный в относительных единицах), удельной стоимостью ресурса за единицу времени и локальным расписанием на протяжении интервала планирования. В рассматриваемой модели ресурсы считаются неотчуждаемыми, т.е. используются совместно с их владельцами. Промежутки времени, в которые вычислительный ресурс свободен для выполнения пользовательских заданий, представляются слотами. Локальное расписание — список слотов.

В результате процедуры планирования для выполнения пользовательского задания выделяется «окно» – набор подходящих слотов. Количество слотов в наборе соответствует количеству заданных в ресурсном запросе вычислительных узлов. Слоты, выделяемые для выполнения параллельного задания, должны иметь одинаковое время старта, а их длительность зависит от производительности соответствующих ресурсов. Формирование окна из списка слотов демонстрирует рис. 1.

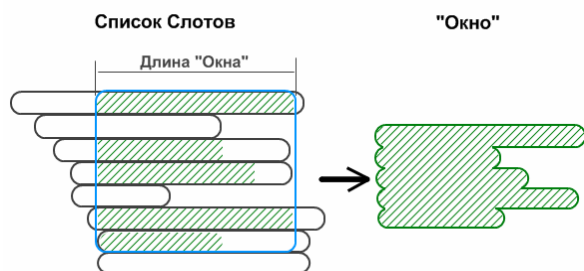


Рис. 1. Формирование окна для пользовательского задания

2. СТРАТЕГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ПАКЕТОВ ЗАДАНИЙ

Процесс формирования пакета заданий является предварительным этапом в ЦСП и не относится непосредственно к алгоритму планирования. Однако от того, как формируется пакет заданий, т.е. каким образом задания отбираются в пакет в каждом цикле, может существенно зави-

сеть эффективность планирования. Таким образом, формирование системы заданий является важным шагом в ЦСП. В данной работе рассматривается вопрос формирования пакета с точки зрения согласования пользовательских критериев оптимизации из ресурсных запросов. Задачей исследования является выявление таких сочетаний пользовательских критериев в пакете заданий, которые бы обеспечивали наиболее эффективные результаты планирования в ЦСП. С использованием симулятора Grid [5] было проведено экспериментальное исследование, состоявшее в моделировании различных подходов к формированию пакета заданий в соответствии со значением пользовательского критерия оптимизации.

При этом были рассмотрены следующие стратегии:

- 1) пакет состоит из заданий с одним и тем же критерием (ОК);
- 2) в пакет попадают задания с различными пользовательскими критериями равновероятно (МК);
- 3) в пакет попадают задания с двумя пользовательскими критериями с равной вероятностью, т.е. принимаются во внимание пары пользовательских критериев (ПК).

Стратегия МК отражает ситуацию, когда пакет заданий формируется без специальной фильтрации по критерию пользователя. Стратегия ПК, формирующая пакет из заданий с двумя критериями, рассмотрен из тех соображений, что некоторые пользовательские критерии могут особенно хорошо сочетаться друг с другом. Стратегия ОК позволяет оценить, каким образом конкуренция множества заданий за однотипные ресурсы влияет на результаты планирования всего пакета заданий.

При проведении экспериментов рассматриваются следующие задачи с учётом пользовательских критериев:

- 1) минимизация времени старта заданий ($T_{\text{старт}}$);
- 2) минимизация суммарного времени занятия слотов ($T_{\text{проц}}$);
- 3) минимизация времени выполнения ($T_{\text{вып}}$);
- 4) минимизация стоимости выполнения задания (C);
- 5) минимизация времени завершения задания ($T_{\text{зав}}$).

Для каждого из рассматриваемых подходов планирование проводится на аналогичной вычислительной среде с одинаковым составом пакетов заданий, отличающихся только значением пользовательского критерия. За один эксперимент выполнялось пять процедур планирования для стратегии ОК (по одной для каждого критерия), один цикл планирования для стратегии МК и 10 циклов планирования для стратегии ПК (для всех

сочетаний пар критериев). Таким образом, за один эксперимент проводилось 16 циклов планирования. Всего было проведено 3000 экспериментов, сбор статистики осуществлялся только для тех экспериментов, в которых все 16 циклов планирования были успешными, т.е. в каждом из них для всех заданий был найден план выполнения. Отметим, что статистика собиралась по всем основным характеристикам заданий пакета, а для стратегий МК и ПК также был осуществлён сбор статистики для частей пакета с определённым пользовательским критерием.

Вычислительная среда в эксперименте состояла из 24 процессорных узлов с производительностью, равномерно распределённой на отрезке [2]. Длина цикла планирования составляла 600 единиц модельного времени. В каждом эксперименте серии размер пакета выбирался случайным образом на отрезке [1] равновероятно, что позволило рассматривать зависимости без привязки к размеру пакета. При этом нижнее значение отрезка выбрано равным единице, т.е. пакет может состоять и из одного задания. Верхнее значение, 30 заданий в пакете, было выбрано потому, что при таком размере пакета для многих заданий при рассматриваемых настройках среды уже не удаётся найти подходящий план выполнения. Значение максимальной удельной стоимости слота, которую готов принять пользователь, генерируется по нормальному закону распределения с учётом минимально требуемой производительности ресурса. Время резервирования ресурсов для заданий и количество процессорных узлов генерировались на основе равномерного распределения на отрезках [100, 500] и [2, 5] соответственно.

Результаты экспериментов приведены в табл. 1, 2 и 3 соответственно для стратегий ОК, МК и ПК.

Таблица 1
Результаты эксперимента для стратегии ОК

Показатель	$T_{\text{старт}}$	$T_{\text{проц}}$	$T_{\text{вып}}$	C	$T_{\text{зав}}$
Время старта	146,7	152,9	159,4	154,7	144,0
Время выполнения	46,5	47,3	36,3	51,7	39,5
Время завершения	193,2	200,1	195,6	206,3	183,5
Процессорное время	133,8	135,9	119,9	144,5	125,2
Стоимость	1139,0	1089,6	1139,9	1067,1	1146,2

Представлены основные характеристики выполнения заданий: время старта, время выполнения, время завершения, общее время занятия слотов («процессорное» время) и стоимость. Лучшие значения каждой характеристики в рамках серии экспериментов выделены жирным шрифтом.

Табл. 1 содержит характеристики заданий по итогам планирования для подхода ОК, при этом каждый столбец соответствует отдельному пакету с соответствующим критерием.

Результаты эксперимента для стратегии МК демонстрирует табл. 2.

Таблица 2
Результаты эксперимента для стратегии МК

Показатель	Суммарно	$T_{\text{старт}}$	$T_{\text{проц}}$	$T_{\text{вып}}$	C	$T_{\text{зав}}$
Время старта	135,4	110,8	225,4	105,9	205,8	75,7
Время выполнения	46,2	61,5	42,1	34,2	59,4	41,6
Время завершения	181,7	172,3	267,5	140,0	265,2	117,2
Процессорное время	136,4	166,0	129,6	112,7	161,0	130,7
Стоимость	1116,9	1209,0	1072,5	1158,1	996,6	1206,8

В рамках данного подхода проводилось планирование одного пакета. Усредненные результаты планирования всего пакета представлены в колонке «Сум.» (суммарно), а последующие колонки соответствуют частям пакета (группам заданий) с соответствующими пользовательскими критериями.

В табл. 3 приведены аналогичные данные для стратегии ПК. Представлены результаты только для двух пар критериев из десяти. Остальные пары критериев показали значительно худшие результаты планирования.

Таблица 3
Результаты эксперимента для стратегии ПК

Показатель	Пара $T_{\text{вып}}, C$			Пара $C, T_{\text{зав}}$		
	Суммарно	$T_{\text{вып}}$	C	Суммарно	C	$T_{\text{зав}}$
Время старта	149,9	117,8	186,2	145,3	214,3	82,7
Время выполнения	45,2	34,9	56,8	45,2	50,7	40,1
Время завершения	195,2	152,8	243,1	190,4	265,0	122,9
Процессорное время	135,0	115,5	157,6	134,0	143,4	126,1
Стоимость	1092,9	1183,7	1004,9	1109,9	1024,9	1206,0

Как видно из таблиц, лучшее значение всех рассматриваемых характеристик было обеспечено стратегией МК. Этот результат можно объяснить тем, что задания с множеством различных критериев конкурируют за различные группы ресурсов и тем самым имеют возможность выбрать более эффективный набор слотов.

Стратегия ОК, в которой пакет состоял из заданий с одним критерием, уступил стратегии МК от 6,2 до 93,8 % в зависимости от рассматриваемого критерия.

Для стратегии ПК результаты сильно зависят от сочетания критериев. Только две пары, представленные в табл. 3, обеспечили результаты планирования сравнимые с МК. Первая из них, $T_{\text{вып}}$ и C , уступила подходу МК соответственно 2,2 и 0,8 % по времени выполнения и по стоимости заданий. Вторая пара критериев, C и $T_{\text{зав}}$, уступила

ла 2,8 и 4,8 % соответственно по стоимости и времени завершения заданий. Все остальные пары критериев показали результаты, отстающие от лучших значений более чем на 10 % хотя бы по одному критерию.

Отметим, что средний размер пакета для эксперимента составил 12,7 заданий. Это значение ниже среднего (15,5 заданий), так как при сборе статистики учитывались циклы планирования, в которых для всех заданий был выделен подходящий набор слотов. При относительно большем размере пакета конкуренция за ресурсы возрастала, а вероятность успешного планирования была меньше.

Ещё один результат экспериментов состоит в том, что наилучшее значение времени старта задания было обеспечено критерием $T_{зав}$, а не $T_{старт}$. Аналогично, наилучшее значение суммарного времени занятия слотов обеспечил критерий $T_{вып}$, а не $T_{проц}$. Это оказывается справедливым для всех трёх рассмотренных стратегий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе рассмотрены вопросы формирования системы заданий при планировании вычислений с учётом интересов пользователей ВО грид. В проведённых экспериментах исследованы зависимости между сочетанием пользовательских критериев в пакете заданий, итоговыми результатами планирования отдельных заданий и пакета в целом.

При проведении экспериментов рассмотрены различные стратегии формирования пакетов.

Лучшие значения пользовательских критериев получены в тех случаях, когда пакет формируется из заданий с разными критериями равновероятно. Из этого можно сделать вывод, что для обеспечения наибольшей эффективности планирования пакета заданий и учёта предпочтений отдельных пользователей, в пакет следует отбирать задания с различными критериями, по возможности в равных количествах. В рамках стратегии, рассматривающей пары критериев, наилучшие результаты обеспечили пары $T_{вып}$, C и $T_{зав}$, C . В стратегии с одним критерием в пакете можно выделить критерии $T_{вып}$ и C , ко-

торые показали результаты, уступающие лучшим результатам не более чем на 7,1 %.

Эксперименты показали, что лучшее значение времени старта обеспечил критерий $T_{зав}$, а лучшее значение времени занятия слотов — критерий $T_{вып}$. Таким образом, имеет смысл использовать $T_{зав}$ для минимизации как времени завершения, так и времени старта, а $T_{вып}$ — для минимизации времени выполнения и процессорного времени.

Дальнейшие исследования будут посвящены поиску оптимального соотношения между пользовательскими критериями в рамках одного пакета.

Данная работа выполнена при содействии Совета по грантам Президента Российской Федерации для поддержки молодых российских ученых и ведущих научных школ (шифры МК-4148.2015.9, НШ-362.2014.9), РФФИ (проекты 15-07-02259, 15-07-03401), Минобрнауки России, задание № 2014/123 на выполнение государственных работ в сфере научной деятельности в рамках базовой части государственного задания (проект 2268), Российского научного фонда (проект № 15-11-10010).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Foster I., Kesselman C., Tuecke S.** The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations // International Journal of Supercomputer Applications. 2001. Vol. 15. No. 3. P. 200—222.
2. **Garg S.K., Buyya R., Siegel H.J.** Scheduling Parallel Applications on Utility Grids: Time and Cost Trade-off Management // 32nd Australasian Computer Science Conference, Wellington, New Zealand, Proceedings. 2009. Vol. 91. P. 151—160.
3. **Adaptive Computing on the Grid Using AppLeS / F. Berman, R. Wolski, H. Casanova et al.** // IEEE Transactions On Parallel and Distributed Systems. 2003. Vol. 14. No. 4. P. 369—382.
4. **Воеводин Вл.В., Жолудев Ю.А., Соболев С.И., Стефанов К.С.** Эволюция системы метакомпьютинга X-Com // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2009. № 4. С. 157—164.
5. **Preference-Based Fair Resource Sharing and Scheduling Optimization in Grid VOs / V. Toporkov, A. Toporkova, A. Tselishchev et al.** // Procedia Computer Science. 2014. Vol. 29. P. 831—843.

V.V. Toporkov, D.M. Yemelyanov, P.A. Potekhin

ToporkovVV@mpei.ru; YemelyanovDM@mpei.ru; PotekhinPA@mpei.ru
National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

JOB SYSTEM GENERATION IN GRID VIRTUAL ORGANIZATIONS BASED ON USER PREFERENCES

SUMMARY

The paper considers the problem of job batch generation in the scheduling process in grid computing. Job generation strategies are estimated from user preferences satisfaction point of view. In the considered model the preferences of virtual organization (VO) users are expressed with optimization criteria, which are specified in the resource request of the job. In this paper different combinations of the criteria are considered and the combinations providing the maximum scheduling efficiency are found.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММЫ РАП-10-СТ ДЛЯ РАСЧЁТА, АНАЛИЗА, НОРМИРОВАНИЯ И СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 6—20/0,4 КВ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён опыту использования программы РАП-10-ст для расчёта, анализа и нормирования потерь электроэнергии в электрических сетях в образовательном процессе на кафедре электроэнергетических систем МЭИ.

ВВЕДЕНИЕ

Уровень потерь электроэнергии в электрических сетях является одним из важнейших показателей энергоэффективности их работы. С развитием рыночных отношений значимость потерь электроэнергии возросла, так как стоимость потерь электроэнергии является одной из составляющих тарифа на электроэнергию. Поэтому при подготовке современного специалиста-электрика особое внимание необходимо уделять вопросам расчёта, анализа и нормирования потерь электроэнергии в электрических сетях [1].

Большой объём расчётов и множество учитываемых факторов при расчёте технологических потерь электроэнергии в реальных схемах электрических сетей обусловили развитие различных программ для расчёта потерь.

В докладе представлен опыт использования программы РАП-10-ст при подготовке бакалавров, магистров и аспирантов на кафедре электроэнергетических систем МЭИ.

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОГРАММЕ РАП-10-СТ

Программа РАП-10-ст является одной из пяти автономных программ комплекса РАП-стандарт, разработанного под руководством известного учёного в области расчётов и нормирования потерь электроэнергии Ю.С. Железко, и предназначенного для расчёта всех составляющих детальной структуры технологических потерь мощности и электроэнергии в электрических сетях согласно приказу № 326 [2] и нормативного расхода электроэнергии на собственные нужды подстанций, фактических и допустимых небалансов электроэнергии на энергообъектах.

Назначением программы РАП-10-ст являются расчёт и анализ потерь электроэнергии и режимов напряжения в разомкнутых электрических сетях напряжением 6—20 и 0,38 кВ.

Программа рассчитывает:

- потоки активной и реактивной мощности, потери активной мощности и электроэнергии на

участках линий 6—20 кВ с указанием их доли (в процентах) в суммарных потерях в линии;

- потери электроэнергии в каждой линии 0,38 кВ (или группе линий, если в одной строке задаются суммарные данные по нескольким линиям);

- плотности тока на головных участках линий 6—20 и 0,38 кВ;

- кратности превышения экономических уровней нагрузочных потерь и потерь холостого хода в линиях 6—20 кВ (очаги потерь) и минимальные (гарантированные) эффекты от приведения кратностей превышения норм к единице (резервы снижения потерь);

- суммарные потери электроэнергии, классифицируя их по уровням напряжения 6, 10, 20 и 0,38 кВ, группам элементов (линии, трансформаторы), структуре потерь (нагрузочные холостого хода);

- потери электроэнергии от транзита электроэнергии по сетям 6—20 кВ;

- потери напряжения от источника питания до шин 0,4 кВ каждого трансформатора 6—20/0,4 кВ и напряжение на шинах 0,4 кВ с учётом заданного регулировочного отклонения трансформатора;

- потери напряжения в линиях 0,38 кВ и напряжение в наиболее удалённой точке линии.

В программе используется пятиступенчатая иерархическая структура объектов сетевой компании. Верхний уровень — предприятие электрических сетей, в состав которого входят районы электрических сетей. В свою очередь, в состав районов входят источники питания сетей 6—20 кВ (фидеры). Внутри каждого фидера указываются линии 0,38 кВ, отходящие от шин 0,4 кВ трансформаторных подстанций 6—20/0,4 кВ данного фидера. Все составляющие потерь электроэнергии определяются по каждому фидеру и в сумме по всем фидерам центров питания, районов и предприятий электрических сетей.

В программе реализованы два метода расчёта нагрузочных потерь электроэнергии в фидерах 6—20 кВ: 1) метод средних нагрузок; 2) метод расчётных суток. Нагрузочные потери электроэнергии в линиях 0,38 кВ могут рассчитываться одним из трёх способов: 1) на основе обобщённой информации о схемах (длина магистрали и ответвлений); 2) в зависимости от величины потерь напряжения; 3) на основе заданной полной схемы.

2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАП-10-СТ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

РАП-10-ст используется при написании выпускных квалификационных работ бакалавров, магистров и аспирантов, в научно-исследовательских работах студентов и аспирантов в части, связанной с расчётами и анализом энергоэффективности электрических сетей 6—20 кВ, определением и нормированием потерь электроэнергии, разработки энергосберегающих мероприятий.

РАП-10-ст является основным средством для расчёта потерь электроэнергии при выполнении расчётного задания «Анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрической сети 10 кВ, выбор и оценка экономической эффективности технических мероприятий по снижению потерь электроэнергии» и лабораторных работ при изучении дисциплины «Энергосбережение в системах электроснабжения».

На кафедре ЭЭС разработан лабораторный практикум [1], включающий в себя лабораторную работу с использованием программы.

Целью лабораторной работы с использованием РАП-10-ст является расчёт технических потерь электроэнергии в разомкнутой электрической сети 10 кВ методами расчётных суток и средних нагрузок, сопоставление между собой результатов расчётов этими методами.

Исходными данными для выполнения лабораторной работы являются: схема фидера 10 кВ, параметры его элементов (линий и трансформаторов), конфигурации суточных графиков нагрузки на шинах 0,4 кВ трансформаторов и отпуск электроэнергии в сеть 0,4 кВ каждой трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ за декабрь предыдущего года. Источником питания рассматриваемого фидера являются шины 10 кВ центра питания 110/10 кВ.

Перед выполнением лабораторной работы студентам предлагается изучить теоретический материал и подготовить схему замещения сети для ввода её параметров в качестве исходных данных, а также определить конфигурацию суточного графика нагрузки головного участка фидера.

После запуска программы на экране появляются основное окно программы (РАП-10-Стандарт), окно *Объект* и окно *Информация о расчётном периоде* (рис. 1). В окне *Объект* необходимо создать новое предприятие электрических сетей, новый район, новый центр питания и новый фидер для ввода исследуемой схемы сети, а также ввести общую информацию для расчёта потерь в окне *Информация о расчётном периоде*.

Необходимо отметить, что программа имеет достаточно «понятный» интерфейс и укомплек-

тована подробным описанием с примерами, что позволяет студентам быстро освоить навыки работы в ней.

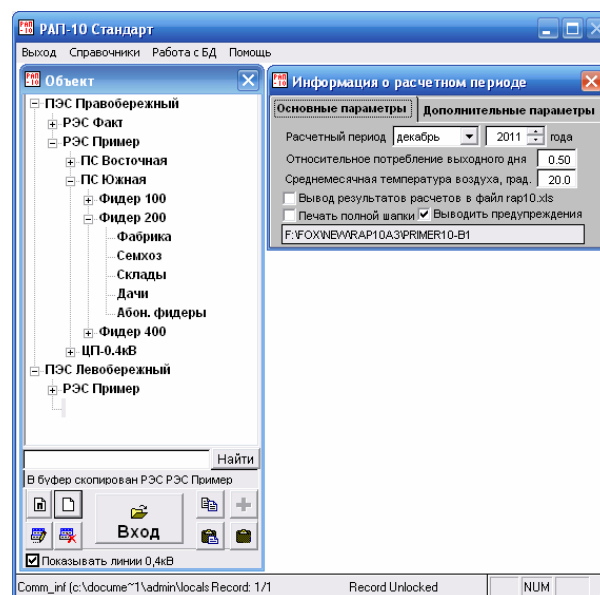
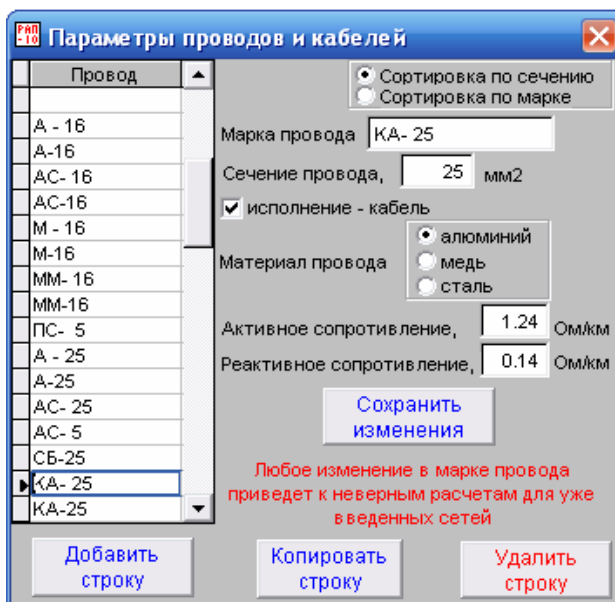


Рис. 1. Основные окна интерфейса программы РАП-10-ст

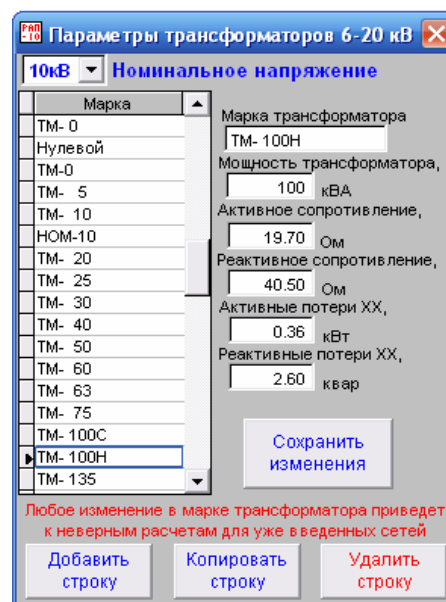
В программу внесены справочные данные (меню *Справочники*) по параметрам линий и трансформаторов, взятые из справочников по проектированию электрических сетей. По мере необходимости пользователь может добавлять в справочные данные параметры своего нового оборудования или корректировать параметры уже введённого оборудования (рис. 2). Также в меню *Справочники* в пункте *Суточные графики* пользователем задаются конфигурации заданных суточных графиков нагрузки трансформаторов в качестве исходных данных.

Ввод параметров головного участка фидера осуществляется в окне *Информация о фидере*, вызываемом из окна *Объект* при нажатии *Вход* на соответствующее название фидера (рис. 3).

После ввода общей информации по фидеру необходимо войти в окно *Информация о участках фидера*, где для каждой линии указывается её длина, номера начального и конечного узлов и марка (рис. 4). Для трансформаторов основными исходными данными для ввода в программу являются номера узлов, вид задания нагрузки, марка и регулировочное напряжение на шинах 0,4 кВ трансформатора. На рис. 5 приведена схема исходных данных и соответствующий фрагмент окна *Информация об участках фидера*. Нагрузка трансформаторов в данной лабораторной работе задаётся в виде значения энергии на шинах 0,4 кВ.



а)



б)

Рис. 2. Справочники по параметрам проводов и кабелей (а) и трансформаторов (б)

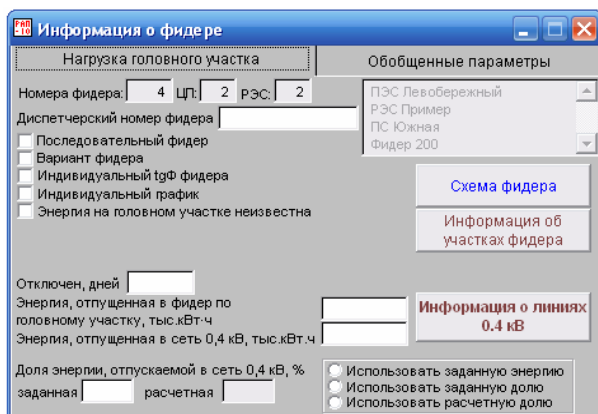


Рис. 3. Окно информации о нагрузке головного участка фидера

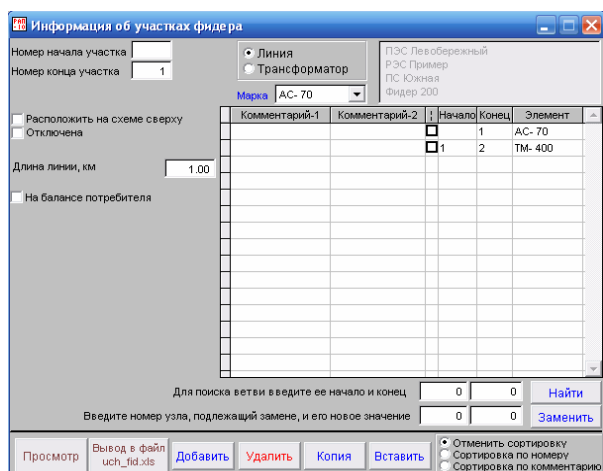
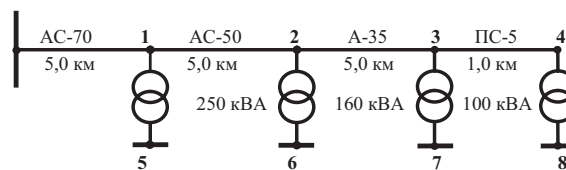


Рис. 4. Окно информации об участках фидера

В программе используются алгоритмы анализа достоверности исходной информации. В расчётах могут использоваться данные, которые либо технически не могут существовать, либо представляются сомнительными. При наличии явно

ошибочных исходных данных программа не позволяет провести расчёт и выводит на печать список ошибочных данных.



а)

Комментарий-1	Комментарий-2	Начало	Конец	Элемент
Оп. 01-оп.13	ВЛ Фабрика	0	1	АС- 70
Оп. 14-оп. 28	ВЛ Семхоз	1	2	АС- 50
Оп. 29-оп. 48	ВЛ Дегунино	2	3	А - 35
Оп. 49-оп. 64	ВЛ Пряхино	3	4	ПС- 5
Фабрика	ТЗК-3	1	5	ТМ- 400
Семхоз	ТЗК-4	2	6	ТМ- 250
Дегунино	(Склады)	3	7	ТМ- 160
Пряхино	(Дачи)	4	8	ТМ- 100Н

б)

Рис. 5. Схема сети (а) и соответствующей ей фрагмент окна *Информация об участках фидера* (б)

Для расчёта потерь электроэнергии в фидере в окне созданного центра питания необходимо выбрать метод расчёта. При нажатии кнопки *Расчёт потерь* программа выполняет расчёт выбранным методом и выдает таблицы результатов. Полная форма результатов выдает все структурные составляющие потерь в виде трёх значений — расчётного значения и двух границ интервала неопределённости потерь (минимального и максимального значений), которые программа рассчитывает исходя из анализа параметров сети, используемого метода расчёта и достоверности исходной информации. В результирующие таблицы выводятся значения потерь по элементам и

суммарные в абсолютных единицах, в процентах отпуска энергии в сеть, также выводятся кратности превышения норм значений (отдельно по нагрузочным потерям и потерям холостого хода).

В программе РАП-10-ст имеется возможность вывода на экран графического отображения схемы и параметров фидеров, также на схему можно вывести результаты расчёта параметров режима (потоки и потери мощности на участках). Это позволяет наглядно отслеживать правильность ввода исходной информации и анализировать результаты расчёта (рис. 6).

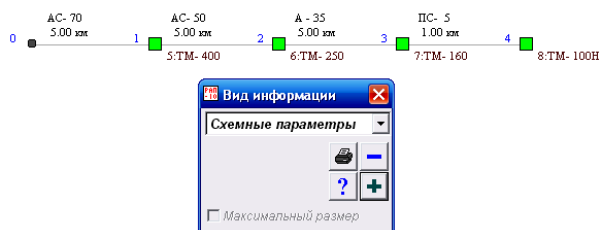


Рис. 6. Графическое отображение схемы и параметров фидера

Во всех программах комплекса РАП-Стандарт реализован экспорт результатов расчётов в *Microsoft Excel*, что позволяет осуществлять их дальнейшую требуемую обработку или составление требуемых сводных форм. В большинстве программ реализован также импорт исходных данных из *Microsoft Excel*, что позволяет осуществить связь с базами данных других программ. Предусмотрена возможность объединения баз данных, набранных на различных компьютерах, и при необходимости переформирования их структуры.

Таким образом, по окончании выполнения лабораторной работы с использованием РАП-10-ст студенты получают результаты расчёта состав-

ляющих технических потерь электроэнергии в электрической сети двумя методами, имеют возможность сопоставить эти результаты как в табличном виде по составляющим, так и графическом изображении схемы. Полученные результаты расчёта имеют более высокую точность по сравнению с результатами при расчёте «вручную», так как программа учитывает наибольшее количество факторов и исходных данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование программы РАП-10-ст позволяет быстро и с достаточной точностью определить все составляющие технических потерь в электроэнергетике в сети 6—10/0,4 кВ, что практически невозможно осуществить «ручным» расчётом ввиду большой трудоёмкости и принятых допущений.

Применение РАП-10-ст в учебном процессе позволяет поднять подготовку бакалавров и магистров на новый качественный уровень. Это приветствуется и потенциальными работодателями, потому что программа широко используется в отрасли. Для разработчиков программных продуктов это тоже полезно как с позиций совершенствования программы, так и в плане их популяризации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шведов Г.В., Сипачёва О.В., Савченко О.В. Потери электроэнергии при её транспорте по электрическим сетям: расчёт, анализ, нормирование и снижение: учебное пособие для вузов / под ред. Ю.С. Железко. М.: Издательский дом МЭИ, 2013. 424 с.: ил.
2. Приказ Министерства энергетики РФ от 30 декабря 2008 г. № 326 «Об организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов технологических потерь электроэнергии при её передаче по электрическим сетям».

S.A. Fakhrieva, G.V. Shvedov, O.V. Savchenko

ak4ur@mail.ru; shvedovgv@mpei.ru; osav957@mail.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

APPLICATION OF RAP-10-ST FOR THE CALCULATION, REGULATION AND REDUCTION OF ENERGY LOSSES IN ELECTRICAL NETWORKS 6—20/0,4 kV

SUMMARY

The report is devoted to the use experience of RAP-standard software package for the calculation, regulation and reduction of energy losses in electrical networks in the educational process of Energy systems Department of MPEI.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СРЕДЫ MEHBVIOS ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ПРИВОДА

АННОТАЦИЯ

В докладе рассмотрены способы моделирования систем управления асинхронного электропривода при их проектировании и исследовании. Показано, что применение компьютерного моделирования изучаемых объектов позволяет понимать принципы оптимизации их параметров, выполнять лабораторные работы на реальном оборудовании, что необходимо для специалистов в области электропривода.

ВВЕДЕНИЕ

Моделирование является основным методом исследований во всех областях знаний и научно обоснованным методом оценок характеристик сложных систем, используемым для управления и принятия решений в различных сферах инженерной деятельности. Существующие и проектируемые системы можно эффективно исследовать с помощью математических моделей (аналитических и имитационных), реализуемых на современных ЭВМ, которые в этом случае выступают в качестве инструмента экспериментатора с моделью системы.

Особенно это относится к сфере управления различными технологическими объектами, где основными являются процессы выработки управляющего воздействия на объект, на основе получаемой информации.

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РЕГУЛИРУЕМОГО ПРИВОДА

В настоящее время электроприводы переменного тока с асинхронными двигателями с КЗ ротором и импульсными системами управления все более интенсивно вытесняют ЭП постоянного тока в тех сферах, где ранее безоговорочно доминировали последние.

На сегодняшний день в Республике Казахстан большинство электроприводов, применяемых в различных отраслях промышленности (водо- и теплоснабжении, системах вентиляции и кондиционирования воздуха, компрессорных установках и др.), составляют нерегулируемые приводы с асинхронными двигателями.

В таких установках использование регулируемого привода позволяет в большинстве случаев отказаться от использования редукторов, вариаторов, дросселей и другой регулирующей аппаратуры. Работа механизмов большую часть времени на пониженных частотах вращения с уменьшени-

ем циклических динамических и вибрационных нагрузок на подшипники, уплотнения, крепления, фундаменты механизмов и электродвигателей позволяет значительно упростить механическую систему, повысить её надёжность и снизить эксплуатационные расходы с соответствующим увеличением их ресурса и межремонтного интервала.

Построение систем управления регулируемого привода зависит от многих параметров, в том числе от требований технологического процесса и изменения параметров объекта регулирования.

Существует класс устройств, у которых механическая характеристика близка к характеристике насосов и вентиляторов, но характеризуется высоким пусковым моментом нагрузки.

Существенный эффект даёт применение частотно-регулируемого асинхронного электропривода для регулирования производительности насосных агрегатов, которое традиционно выполнялось с помощью дросселирующих устройств на нагнетающих трубопроводах насосов.

Регулирование дросселированием связано с энергопотерями на местных сопротивлениях, создаваемых регулирующими устройствами. Эти потери отсутствуют при управлении производительностью насосного агрегата путём регулирования скорости его приводного двигателя.

Частотное регулирование также позволяет улучшить безотказность работы и долговечность технологической системы. Это обеспечивается за счёт снижения пусковых токов, устранения перегрузок элементов системы и постепенной выработки ресурса оборудования. Для частотного регулирования используются частотные преобразователи со встроенными в них ПИД-регуляторами (пропорционально интегрально дифференциальные регуляторы), обеспечивающими точное регулирование заданных технологических параметров.

2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧАСТОТНО- РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Системы управления на базе частотных преобразователей могут иметь любые технологически требуемые функции, реализация которых возможна как за счёт встроенных в преобразователи программируемых контроллеров, так и дополнительных контроллеров, функционирующих совместно с преобразователями частоты.

Разнообразие факторов, влияющих на режимы работы электропривода, требует проверки настроечных параметров автоматического регулятора до введения в эксплуатацию оборудования. Для этих целей применяются различные виды моделирования (математическое, имитационное). Достоверность полученных результатов, как правило, определяется точностью описания элементов автоматизированного электропривода. Для повышения достоверности результатов моделирования применяют соответствующие программно-аппаратные комплексы, включающие в свой состав реальные элементы электропривода.

Для проведения учебных занятий, научно-исследовательских работ и решения прикладных задач на кафедре АПП Карагандинского государственного технического университета используется программно-аппаратный комплекс «Стенд-имитатор частотно-управляемого электропривода насосных агрегатов» с интегрированной средой MexBIOS™ Development Studio, разработанный ООО «НПФ Мехатроника-Про» (Россия, г. Томск). Он позволяет имитировать частотно-управляемый электропривод насосных агрегатов; изменять структуру привода; изменять параметры автоматического регулятора и объекта регулирования; изучать влияние параметров электроприводов на качество процесса управления. Также на стенде-имитаторе предусмотрено выполнение лабораторных работ по различным дисциплинам, в том числе: «Электропривод», «Теория электропривода», «Системы управления электроприводами», «Частотно-регулируемый электропривод в АСУ ТП» и др..

3. СИСТЕМА MexBIOS В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Система MexBIOS является программной платформой для создания программного обеспечения микроконтроллеров. Поддерживаются следующие способы разработки программного обеспечения:

- процедурное программирование (написание процедур и функций на языке С);
- программирование функциональными блок-диаграммами;
- программирование блок-схемами (прорисовывание алгоритмов с учётом ветвлений и последовательностью исполнения формул, в роли которых выступают цепочки функциональных блок-диаграмм);
- автоматное программирование;
- событийное программирование.

Процедурное программирование осуществляется путём определения каждого шага в процессе решения задачи, выполняется на языке С в текстовом виде. Особенности используемой версии языка С в MexBIOS зависят от особенностей ис-

пользуемого компилятора, который в свою очередь предопределён программируемым микропроцессором. Большинство современных компиляторов поддерживают компиляцию ассемблерных «вставок», позволяющих ускорить выполнение программы. С помощью процедурного программирования в системе MexBIOS создаются функциональные блоки, которые используются при программировании блок-схемами.

Программирование функциональными блок-диаграммами является способом графического программирования. При программировании используются наборы библиотечных блоков (в том числе и самостоятельно разработанных пользователем). Блоком является подпрограмма, созданная на базе процедурного программирования. Каждый блок имеет входы и выходы для данных. Пользователь выбирает необходимые блоки и соединяет входы и выходы блоков в соответствии с решаемой задачей.

Программирование блок-схемами является способом графического программирования. При данном подходе пользователь конструирует граф-схему алгоритма, в которой отдельные шаги изображаются в виде блоков различной формы, соединённых между собой линиями, указывающими на последовательность исполнения. При программировании в среде MexBIOS используются следующие блоки: начало-конец алгоритма, блок действий, логический блок (блок организации условного ветвления), блок цикла.

Автоматное программирование в среде MexBIOS является способом графического программирования и осуществляется путём задания основных состояний управляемой системы, действий, характерных для каждого состояния, условий смены состояний.

Событийное программирование осуществляется путём формирования событий, которые запускают последовательности действий, формализованные любым из предыдущих способов. В качестве событий, возможно использовать как события, возникающие на аппаратном уровне, так и при изменении значений в памяти данных.

Стенд-имитатор включает в себя:

- асинхронный электродвигатель мощностью 0,55 кВт;
- электродвигатель постоянного тока мощностью 0,75 кВт;
- датчик крутящего момента силы TRB-2К;
- датчик скорости с разрешением 2500 дискрет/оборот;
- блок питания (транзисторный преобразователь) двигателя постоянного тока;
- блок питания (преобразователь частоты) асинхронного двигателя;
- блок тормозных резисторов;
- блоки электрических измерений;

- блоки цифровой индикации крутящего момента силы и скорости вращения;
- моноблок 18,5”.

На рис. 1 приведён внешний вид стенда-имитатора.



Рис. 1. Внешний вид панели оператора стенда-имитатора

Преобразователи имеют возможность программирования в интегрированной среде MexBIOS с изменением структуры и параметров системы управления.

Интегрированная среда (далее ИС) позволяет проводить разработку программы для микроконтроллера и её отладку.

ИС поддерживает способы проектирования:

- создание программных блоков текстовым способом;
- конструирование формул из функциональных блок-диаграмм;
- конструирование алгоритмов;
- конструирование машины состояний;
- задание событий с указанием источника их возникновения и алгоритмов обработки.

ИС поддерживает способы отладки программ:

- редактирование значений переменных;
- вывод значений наблюдаемых переменных;
- вывод значений наблюдаемого сигнала в виде массива;
- предварительное моделирование работы кода совместно с моделями объектов управления.

ИС позволяет также:

- создавать интерфейсы управления с помощью графических компонентов;
- проводить обмен данными с внешними приложениями по стандартным протоколам передачи данных.

Встроенное программное обеспечение для преобразователей электродвигателей обеспечивает:

- управление асинхронным электродвигателем (с обратной связью и без обратной связи);
- управление двигателем постоянного тока (с обратной связью и без обратной связи);
- формирование произвольной механической характеристики нагрузки (момент в функции скорости вращения), в том числе вентиляторной характеристики;

- возможность изменения структуры и параметров программного обеспечения через визуальную среду разработки программ.

Интерфейс программы состоит из закреплённых панелей, каждая из которых выполняет определённые функции. Для удобства пользователя главное окно MexBIOS™Development Studio разделено на несколько зон: верхнюю, левую (палитра), правую (менеджер проекта), центральную (набора схем) и нижнюю (информационную) панели. Верхнюю, левую и правую панели при желании можно скрыть.

При первом запуске главное окно с раскрытыми левой и верхней панелями и скрытой правой панелью, выглядит, как показано на рис. 2.

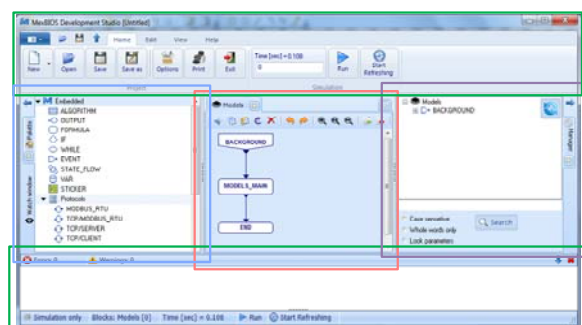


Рис. 2. Окно MexBIOS™Development Studio при первом запуске

Верхняя панель предназначена для управления, редактирования, отображения проекта и т.д. Панель элементов отображает встроенные блоки и библиотеку внешних блоков моделей и выбранного процессора. Поле набора схем представляет собой поле для набора схем из внутренних и внешних блоков. Менеджер проекта отображает древовидную структуру проекта. Информационная панель содержит сведения о режиме работы, число блоков, добавленных из библиотек на поле набора, пройденное время моделирования. Также для удобства использования на информационную панель помещены наиболее используемые кнопки.

Структура программы состоит из встроенных блоков. Структура и условие выполнения частей программы создаются с помощью внутренних блоков. Ветвление структуры (выполнение одной из частей программы по условию) программы производится с помощью блока условия. Внутренние блоки соединяются с помощью линий связи, которые показывают направление и порядок выполнения соединённых внутренних блоков, образуя тем самым структуру программы.

Пример построения блок-схемы программы приведён на рис. 3.

На рис. 4 приведён пример построения системы скалярного управления асинхронным электродвигателем переменного тока функциональными блок-диаграммами.

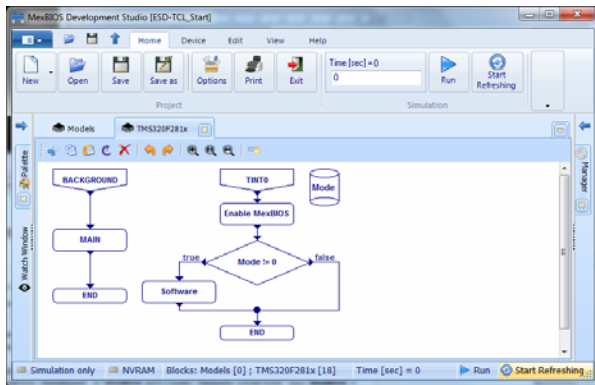


Рис. 3. Пример блок-схемы программы в MexBIOS

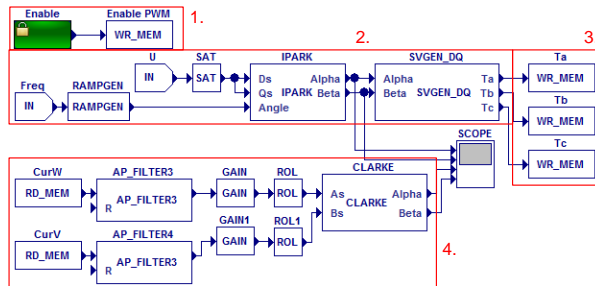


Рис. 4. Скалярная система управления асинхронного электродвигателя

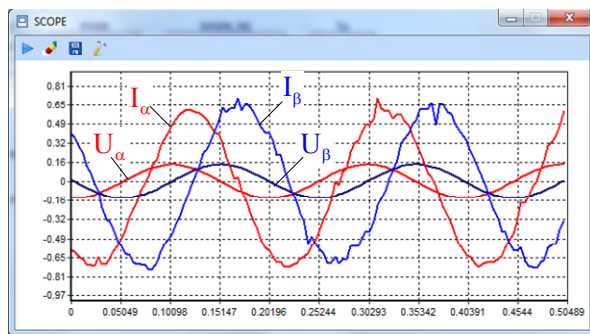


Рис. 5. Осциллограммы токов и напряжений

В интегрированной среде MexBIOS™ предусмотрена возможность просматривать в графическом виде изменение значений глобальных переменных. Для этого используется блок виртуального осциллографа. Пример применения виртуального осциллографа приведён на рис. 5.

Для режима моделирования применяется осциллограф в режиме Simple. Для наблюдения за изменениями сигналов в реальном времени на контроллере необходимо применить буферный осциллограф.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существующие и проектируемые системы управления регулируемым электроприводом можно эффективно исследовать с помощью объектно-ориентированных моделей, реализованных в ИС MexBIOS™.

Использование компьютерного моделирования при разработке и эксплуатации систем управления регулируемого электропривода позволяет улучшить параметры системы управления, качество настройки, сократить затраты при пусконаладочных работах и в процессе эксплуатации.

Достоверность полученных результатов, как правило, определяется точностью описания элементов системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Елисеев В.А., Шинянский А.В. Справочник по автоматизированному электроприводу. М.: Энергоатомиздат, 1983.
2. Лашко Ю.В., Чорный А.П. Статическая модель АД // Проблемы новых машин и технологий. Сб. научных трудов КГПИ. Кременчуг: КГПИ, 2000. Вып. 1/2000 (8).
3. Дементьев Ю.Н., Фешин Б.Н., Крицкий А.Б. Стенд-имитатор электротехнических комплексов теплоснабжающих систем мегаполисов Алматы // Вестник автоматизации. Сентябрь, 2014. № 3(45). С. 61—65.
4. Управление теплоснабжающими комплексами средствами новых информационных технологий / Б.Н.Фешин, Н.И.Томилова, А.И.Крицкий и др. // Вестник автоматизации. Сентябрь 2013. С. 59—61.

B.N. Feshin, L.I. Daych, V.A. Ivanov

l.daych@mail.ru

Karaganda state technical university, Karaganda

APPLICATION OF INTEGRATED PROGRAM ENVIRONMENT MEXBIOS FOR OPTIMIZATION OF CONTROL SYSTEM PARAMETERS OF VARIABLE - FREQUENCY DRIVE

SUMMARY

The report is concerned with the simulation methods of control systems of asynchronous electric drive design and research. It is shown that application of computer modeling is a directions of educational process and scientific research are an integral part of the training of technical personnel. that is necessary for experts in the field of the electric drive to works on the real equipment.

ВОЗМОЖНОСТЬ РЕАЛИЗАЦИИ ДИАГНОСТИКИ АВАРИЙ НА АЭС НА ОСНОВЕ НЕЙРО-СЕТЕВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

АННОТАЦИЯ

В докладе рассматривается возможность реализации диагностики аварий на АЭС с использованием информационных технологий на основе нейронных сетей. Представленный подход позволяет диагностировать тип аварии на любой стадии её развития. Особое внимание уделяется возможности реализации подхода для большого количества возможного типа аварий в базе данных диагностики и учёту стохастических эффектов на всех стадиях аварийного процесса.

ВВЕДЕНИЕ

Задача идентификации типов аварий АЭС является очень актуальной для безопасности АЭС так как своевременное обнаружение самого факта начала аварии, а также правильной идентификации её типа позволит корректно выбрать и провести эффективные противоаварийные мероприятия и тем самым снизить возможные негативные последствия. В то же время процедура диагностики аварии является достаточно сложной и отличается от тех же вопросов для различного более простого по сравнению с АЭС технологического оборудования тем, что процессы, происходящие на станции, существенно сложнее, существует их взаимодействие, они могут иметь разную физическую природу. Также сама станция представляет собой сочетание большого количества компонентов оборудования, которые взаимодействуют сложным образом в процессе нормальной эксплуатации и тем более во время аварии. Всё это существенно затрудняет диагностику аварий. Использование современных информационных технологий (ИТ) может существенно повысить эффективность решения данной проблемы.

1. МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ АВАРИЙ НА АЭС

Для решения поставленной задачи в предлагаемом методе применяются ИТ на основе нейронных сетей (НС). Особенностью метода, разрабатываемого авторами, заключается в совместном гармоничном использовании как новых современных методов обработки информации и вычислений, так и уже хорошо апробированных вариантов. В частности, в предлагаемом подходе совместно с нейронными сетями используются методы прогнозирования состояния АЭС на основе современных интегральных кодов типа RELAP5 [1].

Формализовано проблема может быть сформулирована следующим образом. Во время работы АЭС на мощности имеется мониторинг вектора параметров (например, давление на входе в реактор, состояние оборудования и т.п.) $Y = \{Y_i\}_{i=1}^k$, который зависит от времени t : $Y(t)$. На основе методов вероятностного анализа безопасности АЭС (ВАБ) можно выделить множество вероятных аварийных ситуаций на АЭС — $A = \{A_i\}_{i=1}^n$. С момента начала аварии A_i в момент времени t_0 в течение интервала Δt существует m значений вектора $Y(t)$ — множество. Задача диагностики аварии заключается в установлении соответствия между Y_{Ai} и конкретным элементом множества A , т.е. в отображении $Y_{Ai} \rightarrow A_i \in A$. Это соответствие можно определить на основе анализа динамики АЭС в процессе аварии с помощью кодов моделирования динамических процессов на АЭС типа RELAP5 — код C . На этой основе для каждого A_i можно рассчитать m значений вектора наблюдений $Y(t)$ для промежутка времени Δt :

$$A_i \rightarrow C \rightarrow Y_{AiC} = \{Y_{jCi}\}_{j=1}^m.$$

В системе диагностики аварий надо обеспечить автоматизацию процесса соотнесения во время аварии величин Y_{Ai} и Y_{AiC} и определение элемента $A_i \in A$. Это можно выполнить на основе применения нейро-сетевых ИТ – НС [2]. В то же время необходимо учитывать неопределённости (погрешности) моделирования с помощью кодов, неопределённости в условиях аварии, что даёт случайное отклонение между результатами моделирования по кодам и непосредственными параметрами аварии: $\Delta Y_{Ai} = Y_{AiC} - Y_{Ai}$. Это можно выполнить в рамках метода анализа неопределённостей (АН), например [3]. Подробнее алгоритм представлен в [4].

Важным вопросом является выбор архитектуры НС. В подходе используется стандартная многослойная НС, особенности настройки которой представлены в [4, 5]. Для автоматизации операций с НС была разработана программа neuroV. Обучение НС базируется на обеспечении максимального качества прогноза. Для этого исходные данные для её настройки A_n случайным образом разделяются на два подмножества — обучающее A_0 и контрольное A_T в пропорции 75 и 25 %, что является обычной практикой [2]. В представляе-

мом подходе обучение НС реализуется по алгоритму обратного распространения ошибки с адаптивной коррекцией на A_0 , а контроль качества обучения проводится на A_T .

2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ АВАРИЙ НА АЭС С РЕАКТОРАМИ ВВЭР

Моделирование работы системы идентификации аварий проводилось на основе моделей АЭС для интегрального кода RELAP5 с реакторными установками (РУ) ВВЭР-440/B213 и РУ ВВЭР-1000/B320.

При применении предложенного метода необходимо сформировать множество распознаваемых аварий A . В текущем моделировании в отличие от до сих пор представленных в литературе было принято решение осуществить полномасштабное представление в A возможных аварий. Для этого были выбраны варианты типа течи из первого контура с возможной вариацией места — холодная или горячая нитка ГЦТ. Размер течей варьировался с шагом 10 мм от 20 до 90 мм условного диаметра. Также на это накладывались возможные комбинации отказов элементов САОЗ различного типа и гидроёмкостей. Всего в полученное множество $A \rightarrow A_{64}$ было включено 64 типов аварий, что принципиально отличает данные расчёты от других, где объём рассматриваемых аварий является, как правило, меньше десяти.

В каждом расчёте моделировалось 6000 с аварии, которые группировались в базы данных обучения A_0 и проверки A_T . В результате данных на основе расчётов было показано правильное распознавание всех типов аварий в начальный момент времени. Кроме того, проводилось исследование по возможности правильной идентификации аварийных ситуаций A_i' с параметрами, отличными от первоначально заданных в A_{64} : $A_i' \notin A_{64}$. В результате было показано, что обученную НС можно использовать для качественного определения типа A_i' в том случае, если A покрывает весь диапазон возможных аварий.

Специфика аварий сложных систем заключается в том, что последствия аварии, её сложность характеризуются не только типом начального события, но и теми возможными отклонениями в работе составных компонент системы, которые могут возникать в процессе развития ситуации. Например, с течением времени могут происходить дополнительные отказы оборудования САОЗ, неправильные действия оператора и т.д., которые могут серьёзно ухудшить последствия. Поэтому задача системы диагностики заключается в корректном определении пути протекания аварии.

Задача может быть описана следующим образом. Имеется некоторое множество аварий $A = \{A_i\}_{i=1}^n$, основанных на начальных событиях,

определённых в рамках ВАБ. В процессе развития аварии A_i при изменении параметров АЭС создаются условия для возникновения события k , например отказ на срабатывание компонентов системы САОЗ. Это событие приводит к изменению стандартного протекания аварии из состояния A_i в состояние A_{ik} . Так как в предлагаемом подходе учитывается возможность стохастических отклонений на основе АН, то временная точка t_{Aik} для перехода $A_i \rightarrow A_{ik}$ будет варьироваться для возможных вариантов аварий типа A_i , порождая интервал Δt_{Aik} от некоторой начальной точки возможного ветвления на основе события — $k \rightarrow t_{Aik}$. Специфика этого интервала заключается в том, что для временной точки $t_j \in \Delta t_{Aik}$ при рассмотрении параметров контроля $Y(t)$ одновременно будут присутствовать: варианты аварий, сгенерированные для стандартных реализаций A_i без события k ; для уже совершённого перехода $A_i \rightarrow A_{ik}$ в точках $t_k \in [t_{Aik}, t_j]$ и для тех вариантов $A_i \rightarrow A_{ik}$, для которых переход произойдет на интервале $t_k \in [t_j, t_{Aik} + \Delta t_{Aik}]$, т.е. на Δt_{Aik} произойдет как ошибочное обучение НС, так и последующая идентификация аварий перехода $A_i \rightarrow A_{ik}$. Следовательно, имеется мёртвая зона Δt_{Aik} .

В рамках исследования по данной проблеме изучались возможности настройки системы идентификации на аварии, соответствующие участку Δt_{Aik} или $\Delta t_{Ai+j,k}$. Для этого были сгенерированы случайным образом 100 точек на временной оси от начала аварии на 100 с до 2000 с. Использовались два критерия для представления процесса обучения НС, определяемые на его промежуточной стадии:

- трудность настройки E — композитный критерий, определяющий, насколько затруднителен процесс тренировки НС. Чем меньше значения E , тем легче настройка системы;
- показатель ошибки обобщения $P_{об}$ характеризует возможную ошибку прогноза НС. Чем меньше значения $P_{об}$, тем меньше ошибка обобщения системы.

По данным показателям оценивалась эффективность системы идентификации для аварий с исходными событиями типа течи различных диаметров из холодной и горячей ниток для двух, четырёх и шести видов аварий в системе (табл. 1). Результаты представлены на рис. 1—3. Для обеспечения сравнимости различных результатов по временным точкам в расчётах использовалась НС одной и той же структуры. Оценки E и $P_{об}$ делались на промежуточных стадиях обучения НС, которые при продолжении дальнейших процедур настройки выходили на полную идентификацию всех аварий. Дополнительно на рис. 2—3 приведены результаты поиска итера-

тивного улучшения показателя обобщения для системы с четырьмя и шестью различными типами аварий. Поиск проводился для временных точек с максимальными значениями ошибки обобщения. В результате дополнительных 3—4 итераций удалось получить снижение ошибки примерно в 2 раза.

Таблица 1

Количество типов аварий в системе	Тип аварии
2	Течь, холодная нитка Ду 30, 40 мм
4	Течь, холодная нитка Ду 30, 40 мм, горячая нитка Ду 30, 40 мм
6	Течь, холодная нитка Ду 30, 40, 50 мм (Cn30,40,50 – рис. 4), горячая нитка Ду 30, 40, 50 мм (Hn30,40,50 — рис. 4)

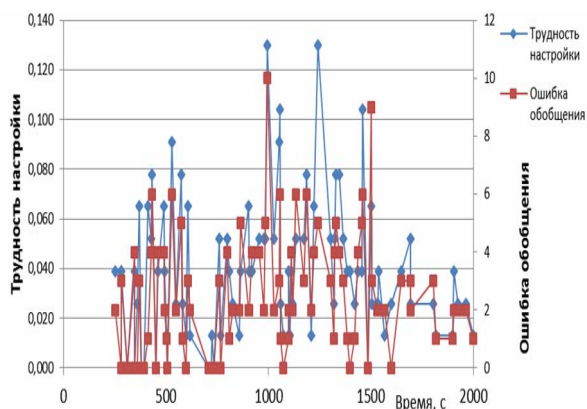


Рис. 1. Изменение показателей настройки НС

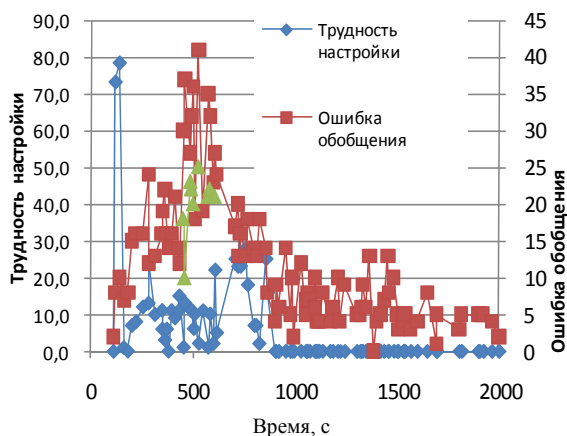


Рис. 2. Изменение показателей настройки НС для различных временных точек четырёх различных типов аварийных процессов

Из анализа результатов можно заключить, что процесс настройки наилучшим образом выполняется для двух различных типов аварий, а для

шести наиболее трудно. $P_{об}$ испытывает наибольшее увеличение при переходе от двух типов аварий и выше. Разница по данному показателю между четырьмя и шестью видами аварий не столь значительна. Также видно, что E и $P_{об}$ существенно меняются во время протекания аварийного процесса. На начальной стадии до 200 с и особенно после 1000 с показатели меньше. В то же время в диапазоне от 200 до 800 с для четырёх и шести типов аварий имеется существенное повышение данных показателей. Это связано с близостью значений контролируемых параметров АЭС по разным авариям. На рис. 4 для примера приведены средние значения по полученным реализациям АН для контролируемого параметра давления на входе в активную зону для варианта с шестью различными видами аварий. Видно, что в интервале 200—1000 с значения всех шести типов находятся достаточно близко. Это значит, что их реализации будут сильно пересекаться, что и затруднит настройку НС и увеличит ошибку обобщения.

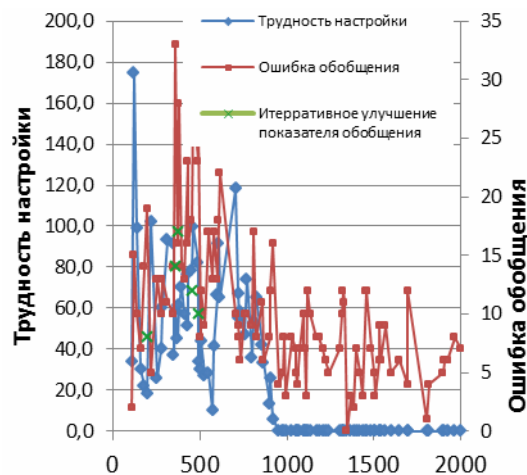


Рис. 3. Изменение показателей настройки НС для различных временных точек шести различных типов аварийных процессов

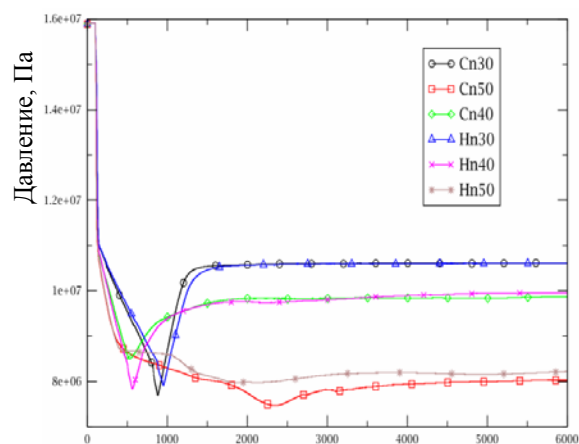


Рис. 4. Средние значения по реализациям для варианта шести различных типов аварий (см. табл. 1) для контролируемого параметра «давление на входе в активную зону»

Для решения данной проблемы был разработан метод построения архитектуры системы на основе бинарного дерева (рис. 5) с иерархической структурой. Здесь учитывается тот факт, что наиболее легко система настраивается на распознавание двух классов (типов) аварий. Следовательно, можно использовать не одну НС, которая должна идентифицировать аварии всех типов, а множество НС, каждая из которых призвана успешно идентифицировать только аварии определённого типа.

Предложенный алгоритм был протестирован на основе созданной базы данных по определённым выше авариям с РУ ВВЭР-1000/В320. Графически разработанная структура бинарного дерева представлена на рис. 5. Использовались следующие обозначения типов аварий:

- Cn, Hn — течи из холодной или горячих ниток первого контура различных диаметров соответственно;
- CnJND, HnJND — течи из холодной или горячих ниток первого контура различных диаметров соответственно с дополнительным отказом насоса САОЗ высокого давления высокой производительности;
- CnJDH, HnJDH — течи из холодной или горячих ниток первого контура различных диаметров соответственно с дополнительным отказом насоса САОЗ высокого давления низкой производительности;
- CnHA, HnHA — течи из холодной или горячих ниток первого контура различных диаметров соответственно с дополнительным отказом гидроаккумулятора.

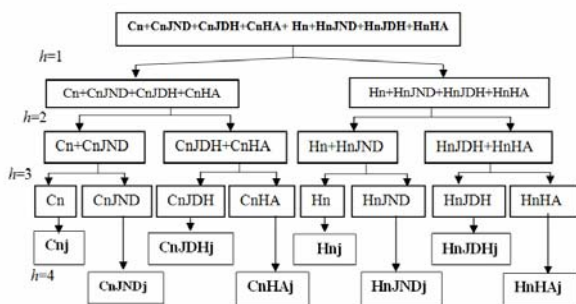


Рис. 5. Бинарное дерево системы идентификации 64 аварий для АЭС с РУ ВВЭР-1000/В320

Анализ наложения коридоров реализаций позволил выделить четыре иерархических уровня (рис. 5). На верхнем уровне ($h = 1$) все аварии распределяются на два класса — течи из холодной и горячей ниток плюс наложение отказа различного оборудования САОЗ. Следующие уровни образуются на основе бинарного отношения между различными вариантами отказа оборудования для соответствующего типа аварий, т.е. для всей системы необходимо настроить 15 НС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В докладе представлен метод построения системы идентификации аварии на АЭС с использованием технологий на основе интегральных кодов улучшенной оценки, системы анализа неопределённости и нейро-сетевых технологий. Рассмотрены варианты реализации системы для полномасштабной базы данных по авариям и возможность идентификации путей развития аварий. Результаты проведённых исследований показывают практическую возможность создания системы идентификации типа аварийной ситуации на АЭС на основе описанного подхода, которая может использоваться как система поддержки оператора или кризисного центра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **RELAP5 / MOD3**. Code Manual // NUREG/CR-5535, INEL-95/0174. Август 1995. Vol. 1—5.
2. **Хайкин Саймон**. Нейронные сети: полный курс. М.: Издательский дом «Вильямс», 2008.
3. **Воробьёв Ю.Б., Кузнецов В.Д., Мансури М.**, Оценка влияния неопределённых факторов при анализе аварийных процессов на АЭС с ВВЭР-1000 // Теплоэнергетика. 2006. № 9. С. 16—21.
4. **Воробьёв Ю.Б., Кузнецов В.Д.**, Возможность совместного использования нейронных сетей и интегральных кодов в системе поддержки операторов // Известия высших учебных заведений. Ядерная Энергетика. Обнинск. 2002. № 4. С. 3—11.
5. **Применение** информационных технологий (генетические алгоритмы, нейронные сети, параллельные вычисления) в анализе безопасности АЭС / Ю.Б. Воробьёв, П. Кудинов, М. Ельцов и др. // Труды Института системного программирования РАН. 2014. Вып. 2. Т. 26. С. 137—158.

N.K. Truong Van, Y.B. Vorobyev

yura@npp.mpei.ac.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

THE POSSIBILITY OF DIAGNOSTICS REALIZATION OF THE NPP'S ACCIDENTS ON BASE OF THE NEURAL NETWORKS INFORMATION TECHNOLOGIES

SUMMARY

In the report possibility of diagnostics realization of accidents on the NPP is presented. Neural networks information technologies play key role. This approach allows identifying a type of accident on any stage of its development. Especial attention is paid to possibility of realization of the approach for enough big data base of neural networks training and taking into account stochastic influence on every stage of accident evolution.

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ РЕКУПЕРАЦИИ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТЕПЛОТЫ УХОДЯЩИХ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ КОТЛОВ

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается система рекуперации низкопотенциальной теплоты уходящих дымовых газов котлов ТЭС, сжигающих природный газ. Приведена схема экспериментальной установки для исследования процессов теплообмена в контактных теплоутилизационных теплообменниках.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время как во всем мире, так и в России большое внимание уделяется разработке и внедрению энергосберегающих технологий.

Одним из показателей, характеризующих энергоэффективность, является степень утилизации теплоты уходящих газов: чем выше данный показатель, тем большая часть теплоты сжигаемого топлива используется для осуществления технологического процесса, а следовательно снижается удельный расход топлива, вследствие чего заметно уменьшается себестоимость производимого товара или услуг.

На данный момент существует ряд методов глубокой утилизации низкопотенциальной теплоты уходящих дымовых газов за счёт применения комбинированных, рекуперативных, а также смесительных аппаратов. Данная технология нашла широкое применение на большинстве зарубежных предприятий со своими котельными, использующими природный газ или биомассу в качестве топлива [1].

Обычно при сжигании органических топлив в паровых и водогрейных котлах температура уходящих дымовых газов составляет 130—200 °С, что существенно выше точки росы содержащихся в них водяных паров. Если, для примера, взять газовый котёл тепловой мощностью 70 МВт, то около 12 МВт тепла при этом выбрасывается в дымовую трубу. Однако известно, что при снижении температуры уходящих газов до 35—50 °С можно получить дополнительную экономию топлива, которая может составлять до 10—20 %. Следует отметить, что наибольшая доля этой экономии возникает за счёт конденсации водяных паров. Поэтому наибольший эффект наблюдается для топлив, в продуктах сгорания которых содержится большое количество водяных паров (природный газ, коро-древесные отходы, бытовой мусор). При

этом получаемая теплота является низкопотенциальной, т.е. использовать её для дополнительного производства электроэнергии достаточно сложно. Такая теплота передается в теплосеть, подогревая обратную сетевую воду.

Наибольшее распространение данная технология нашла в странах Скандинавии (Дания, Швеция, Норвегия), а также странах Балтии (Литва, Эстония, Латвия).

1. СИСТЕМА РЕКУПЕРАЦИИ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТЕПЛОТЫ

В России данное направление не получило столь широкого распространения в виду особенностей топливно-энергетического рынка. Однако это вовсе не означает, что работы по данной тематике совсем не ведутся. При этом следует понимать, что параметры работы теплосетей, а также климатические условия в России отличны от других стран, вследствие чего температура обратной сетевой воды, особенно в зимний период, может быть близка или даже выше температуры точки росы водяных паров в продуктах сгорания природного газа. Приведённая схема системы рекуперации низкопотенциальной теплоты (СРНТ) позволяет получить высокую эффективность утилизации низкопотенциальной теплоты уходящих газов при высокой температуре обратной сетевой воды [2]. Поэтому в предлагаемом решении для достижения наилучшей эффективности необходимо использовать увлажнитель.

Дымовые газы после котла поступают в предварительный охладитель 1 (рис. 1), в котором происходит быстрое снижение их температуры за счёт впрыска в поток продуктов сгорания оборотной воды (вода циркулирующая в СРНТ), подаваемой насосом 7 через форсунки. Далее частично охлаждённые дымовые газы поступают в основную колонну (конденсер) установки и проходят через рассекатель 2, который обеспечивает разбиение подаваемой сверху воды на мелкие капли, что необходимо для получения максимальной площади поверхности контакта. Рассекатель 2 (как в конденсере, так и в увлажнителе) заполняется наполнителем (например, кольца Палля) [3], благодаря чему обеспечивается длительный срок службы, так как обратная вода за счёт растворения в ней части дымовых газов имеет повышенную кислотность. Далее продукты сгорания проходят через жалюзийный сепаратор 6 и направляются в дымовую трубу. По-

догретая обратная вода собирается в нижней части колонны конденсера и насосом 8 подается в теплообменник 4, который подогревает сетевую воду. Так как за счёт конденсации части содержащихся в дымовых газах водяных паров объём обратной воды постоянно увеличивается, её излишек сливается в накопительный бак 5, откуда после нейтрализации с использованием гидроксида соды или другого реагента вода сливается в канализацию или используется в технологическом цикле. После теплообменника 4 обратная вода разделяется на два потока — в конденсер и увлажнитель. Воздух, поступающий в увлажнитель, проходит через распылитель 2, в котором происходит его подогрев за счёт контакта с каплями воды, подаваемой через распылитель 3. Подогретый воздух проходит жалюзийный сепаратор 6 и подаётся в котёл. Часть влаги при этом испаряется, а оставшаяся её часть собирается в нижней части увлажнителя. За счёт охлаждения воздухом и частичного испарения температура обратной воды после увлажнителя снижается. Далее эта вода подаётся в конденсер. Так как в этом случае температура обратной воды на выходе из увлажнителя будет ниже, чем была бы при отсутствии увлажнителя, то температура дымовых газов за установкой снижается и эффективность рекуперации тепла увеличивается. Конструктивно конденсер и увлажнитель предлагается выполнять в виде единой колонны. Так как увлажнитель в приведённой схеме располагается выше конденсера, то подача воды из увлажнителя в конденсер происходит самотёком.

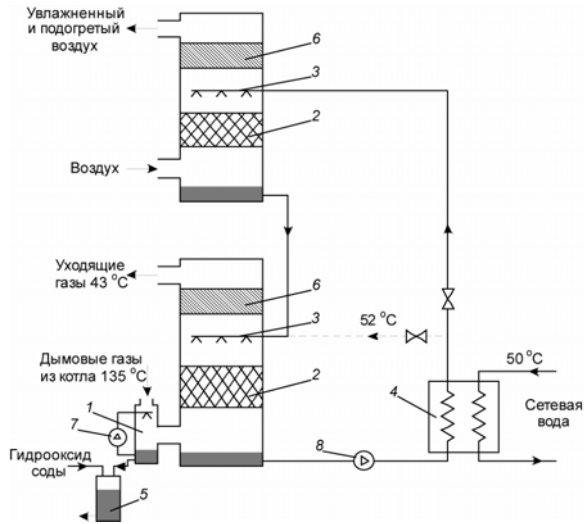


Рис. 1. Схема СРНТ с увлажнителем

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА РЕКУПЕРАЦИИ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТЕПЛОТЫ

Для экспериментального исследования факторов, влияющих на эффективность работы СРНТ, была разработана экспериментальная

установка рекуперации низкопотенциальной теплоты (ЭУРНТ). Однако ввиду того что по проведённой предварительной оценке высота такой конструкции может достигать 20 и более метров, такая компоновка существенно усложнит реализацию ЭУРНТ вследствие наложения ряда ограничений на выбор площадки для проведения испытания. Поэтому было принято решение разделить конденсер и увлажнитель на отдельные блоки, что позволило значительно уменьшить высоту установки. ЭУРНТ работает следующим образом (рис. 2).

Уходящие дымовые газы после котла по газоходу 1 поступают на вход конденсера 2 с помощью дымососа 3, где в предварительном контактном теплообменнике 4 происходит снижение температуры за счёт впрыска воды, циркулирующей в ЭУРНТ, подаваемой насосом 5 по трубопроводу 6 и раздаваемой через форсунки 7. Вода в этом случае забирается из нижнего собирающего резервуара конденсера 8. Это приводит к понижению температуры уходящих газов на входе в пластиковый распылитель конденсера до требуемого значения по условиям его нормальной работы (примерный уровень температуры 60—70 °C). Далее дымовые газы поступают в распылитель первой ступени контактного теплообменника 9, где происходит их охлаждение и конденсация части содержащихся в них водяных паров за счёт теплообмена с обратной водой. Вода подается из основного резервуара 10 с помощью насоса 11 через раздающее устройство (форсунки) 12. Схема движения дымовых газов и воды противоточная. Распылитель предназначен для разбивания потока воды на мелкие капли, за счёт чего увеличивается поверхность контакта циркулирующей обратной воды с продуктами сгорания.

В качестве наполнителя для распылителя было решено применять нерегулярные насадки. Данный тип, как правило, находит применение в колоннах небольшого диаметра. Их преимущество заключается в том, что они менее чувствительны к начальному распределению орошения, обладают более низкой стоимостью и проще в обслуживании. При выборе типов наполнителя ставились следующие цели: во-первых, увеличение эффективности теплообменного процесса, во-вторых, расширение интервала устойчивой работы системы по нижнему и верхнему пределам. Наиболее часто используемыми нерегулярными насадками являются кольца Рашига и Палля [3].

Далее продукты сгорания проходят через вторую ступень контактного теплообменника 13, где происходит их дополнительное охлаждение и конденсация части оставшихся в них водяных паров за счёт теплообмена с обратной водой, поступающей в раздающее устройство 14 по трубопроводу 15 из нижнего собирающего резервуара увлажнителя 16 с помощью насоса 17. Далее охлаждённые и частично осушенные продукты сгорания проходят через жалюзийный сепаратор 18, где происходит отделе-

ние уносимых потоком газов капель воды с последующим их сбором и подачей обратно в конденсер через линию сброса 19. После этого продукты сгорания через газоход 20 выбрасываются в атмосферу через дымовую трубу.

Оборотная вода после прохождения ступеней контактного теплообменника собирается в нижнем собирающем резервуаре конденсера 8, откуда по трубопроводу 21 насосом 22 сливается в основной 10 или резервный 23 резервуар. Излишек образовавшегося в результате работы ЭУРНТ конденсата может удаляться в канализацию по трубопроводу 24.

Для повышения эффективности утилизации низкопотенциального тепла дымовых газов применяется увлажнитель 25. Вода из резервуара 10 насосом 11 подаётся по трубопроводу 26 в увлажнитель 25 через раздающее устройство 27. Воздух по газоходу 28 поступает на вход увлажнителя 25 с помощью дутьевого вентилятора 29 и попадает в контактный теплообменник 30, где за счёт теплообмена с более нагретой обратной водой происходит его подогрев и увлажнение за счёт испарения части

обратной воды. Охлаждённая обратная вода собирается в нижнем собирающем резервуаре увлажнителя 16. Подогретый и увлажненный воздух поступает в жалюзийный сепаратор 31, где происходит отделение уносимых потоком воздуха капель воды с последующим их сбором и подачей обратно в увлажнитель через линию сброса 32. Далее воздух по газоходу 33 (в зависимости от режима работы ЭУРНТ) поступает или в котёл, или сбрасывается в атмосферу через дымовую трубу.

Регулирование расхода продуктов сгорания и воздуха, подаваемых в ЭУРНТ, осуществляется за счёт шиберов, установленных в подводящих и отводящих газоходах конденсера и увлажнителя (1, 20, 28, 33). Также эти шиберы перекрывают газоходы в период между испытаниями ЭУРНТ.

Регулирование расхода обратной воды в различных трубопроводах ЭУРНТ осуществляется за счёт частотно-регулируемого привода, установленного на насосах, и за счёт установки регулирующей арматуры с дистанционным приводом.

Для обеспечения бесперебойной работы ЭУРНТ предусмотрена установка резервного резервуара обратной воды 23.

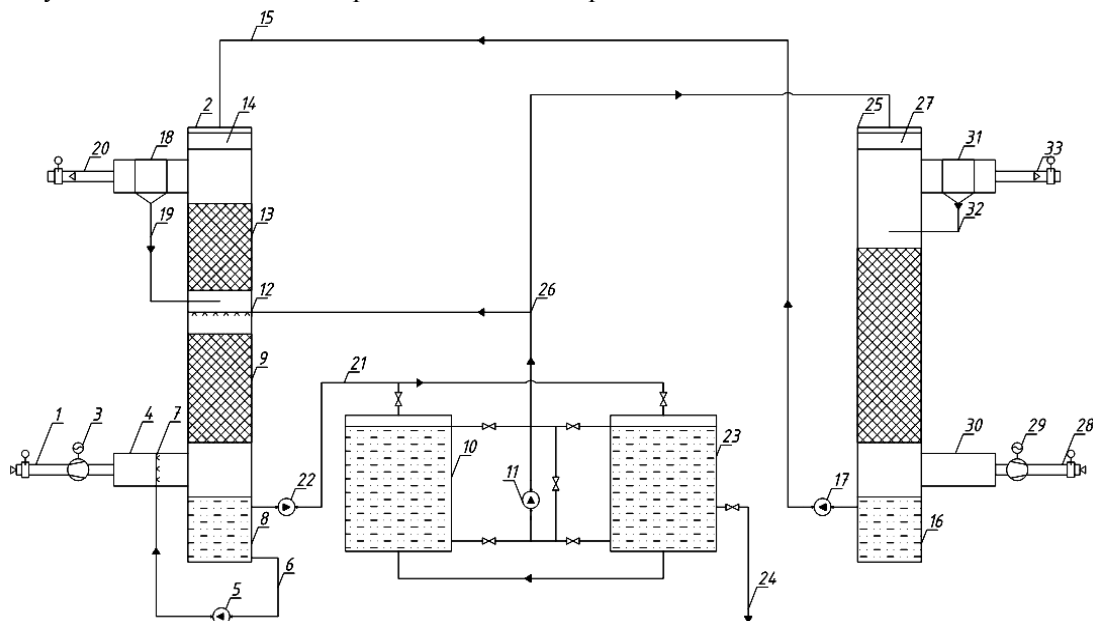


Рис. 2. Схема ЭУРНТ

3. АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

При выполнении исследований предполагается использовать автоматизированный комплекс управления и сбора данных ЭУРНТ (АКУ ЭУРНТ) для решения следующих задач:

- измерения и отображения на экранах компьютеров результатов измерений со всех датчиков в реальном времени;
- первичной обработки сигналов;
- синхронной записи результатов измерений в файл для последующего анализа;

- управления ходом эксперимента в ручном и автоматическом режимах.

После рассмотрения различных вариантов было принято решение разрабатывать систему АКУ ЭУРНТ на базе приборов компании «ОВЕН». Основной целью при разработке автоматизированного комплекса является создание централизованной системы диспетчеризации экспериментальной установки рекуперации низкопотенциальной теплоты уходящих газов. Система позволит дистанционно контролировать испытания ЭУРНТ за счёт возможности точного регулирования начальных параметров системы. Предполагаются сбор основных и второсте-

пенных параметров системы в режиме реального времени и архивация данных с возможностью их первичной обработки. Также рассматривается возможность осуществления дистанционного управления экспериментальной установкой в режиме on-line за счёт последующего наращивания аппаратной базы.

АКУ ЭУРНТ обеспечивает следующие функции.

Измерение:

- давлений, перепадов давлений и расходов по 18 каналам (датчики давления с токовым выходом);
- температур по 10 каналам;
- состояний концевиков, клапанов, двигателей.

Управление:

- давлением, расходом, температурой;
- положением клапанов;
- задвижками.

АКУ ЭУРНТ состоит из следующих функциональных элементов:

- управляющий контроллер с системой измерения и согласования сигналов;
- шкаф слаботочной автоматики (ШСА), осуществляющий управление исполнительных механизмов;
- автоматизированное рабочее место оператора;
- комплект датчиков и исполнительных механизмов.

Программное обеспечение для АКУ ЭУРНТ разрабатывается в среде CODESYS V3.5.

При запуске автоматизированного комплекса открывается главный экран, предназначенный для вывода первичных данных о ходе испытаний, а также выступающий в качестве главного меню навигации. При выборе и нажатии на конкретную часть системы (конденсер, увлажнитель, главный или резервный резервуар) мы переходим на дополнительный экран,

где уже более подробно можем отследить изменение параметров объекта испытания за заданный период времени либо же в режиме реального времени. Также есть возможность вызова всплывающего меню для управления насосами, дымососом и дутьевым вентилятором и отслеживания их параметров. Помимо этого все основные команды — остановка и запуск оборудования (конденсер, увлажнитель, насосы, дутьевое оборудование) — продублировано тумблерами и кнопками с целью экстренной остановки системы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Спроектированная экспериментальная установка рекуперации низкопотенциальной теплоты (ЭУРНТ) моделирует принцип работы конденсационного теплоутилизатора и позволяет провести испытания с большим количеством вариаций исходных данных.

Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014—2020 годы», уникального идентификатора прикладных научных исследований и экспериментальных разработок (проекта) RFMEFI57714X0147.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Конденсерная** технология утилизации низкопотенциальной теплоты уходящих дымовых газов / Б. Лунинг, И.Л. Ионкин, А.В. Рагуткин, П.М. Сверчков // ЭНЕРГО 2012: Тр. Всерос. науч.практ. конф. «Повышение надёжности и эффективности эксплуатации электрических станций и энергетических систем». Т. 2. М.: Изд-во МЭИ, 2012. С. 213—216.
2. **П.М. 150285.** Российская Федерация, МПК, F22B1/18. Конденсационный теплоутилизатор (варианты) / И.Л. Ионкин и др.; заявитель и патентообладатель А.В. Рагуткин. 2014136199/28,; заявл. 05.09.2014; опубл. 10.02.2015.
3. **Экспериментальное** исследование влияния формы, размеров и материала насадки на гидравлическое сопротивление / В. В. Шишлянников, А. Б. Голованчиков, Т. Б. Дорохина, Т. А. Осетрова. М.: Известия ВолгГТУ: межвуз. сб. научн. ст. / ВолгГТУ. 2012. № 5(1).

S.S. Shevtsov, I.L. Ionkin

Shevtsovss@gmail.com; IonkinIL@mail.ru

Moscow State University of Information Technologies, Radioengineering and Electronics «MIREA», Moscow

DEVELOPMENT OF EXPERIMENTAL FLUE GAS HEAT RECOVERY SYSTEM FOR BOILERS

SUMMARY

The article describes a system for recovering low-grade heat of flue gas for natural gas-firing boilers of combined heat and power plants (CHP). The article also contains a diagram of an experimental unit for studying the heat-and-mass transfer processes in the heat-absorbing contact heat exchanger.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ, РАЗМЕРОВ И МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ЭРОЗИОННО-КОРРОЗИОННЫХ ДЕФЕКТОВ НА НДС МЕТАЛЛА ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

АННОТАЦИЯ

В докладе рассмотрены особенности напряжённо-деформированного состояния элементов и узлов трубопроводных систем с наличием эрозионно-коррозионных дефектов для оценки их статической прочности.

ВВЕДЕНИЕ

В атомной энергетике проблема эрозионно-коррозионного повреждения и разрушения элементов энергетического оборудования становится весьма актуальной в связи со значительной наработкой энергоблоков. Более трети всех действующих энергоблоков страны исчерпали назначенный проектный 30-летний срок службы.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТОДИКАХ ОЦЕНКИ МИНИМАЛЬНО-ДОПУСТИМОЙ ТОЛЩИНЫ СТЕНКИ ТРУБОПРОВОДОВ С ЭРОЗИОННО-КОРРОЗИОННЫМ УТОНЕНИЕМ

В мире прочностной анализ по определению минимально-допустимой толщины стенки элементов трубопроводных систем энергетических объектов проводится с помощью специальных методик, основанных на экспериментальных данных или с помощью численных методов.

На рис. 1 представлено сравнение по некоторым из учитываемых факторов расчётных методик, используемых для определения допустимой толщины стенки трубопроводов с эрозионно-коррозионным износом.

На основе проведённого анализа [1] было показано, что на значение минимально-допустимой толщины стенки трубопровода оказывает существенное влияние форма эрозионно-коррозионного утонения, месторасположение локальной зоны эрозионно-коррозионного износа в элементе и другие факторы.

В работе для оценки статической прочности элемента трубопровода при локальном износе было использовано программное средство, основанное на методе конечных элементов (ANSYS). Программа ANSYS является одной из немногих расчётных программ, которые бессрочно аттестованы Госатомнадзором России для проведения расчётов на прочность оборудования АЭС.

Основные факторы	Case N-597-2	B31G ASME	JSME S	РД ЭО 0571-2015
Учёт продольных сил и изгибающих моментов	да	нет	да	нет
Применимость к российским сталям	нет	нет	нет	да
Возможность использования на российских АЭС (аттестация и сертификация)	нет	нет	нет	да
Возможность применения методики к фасонным элементам (тройники, гибы, переходы)	да	нет	да	да
Учёт местоположения зон ЭКИ износа	нет	нет	нет	нет

Рис. 1. Сравнение расчётных методик, используемых для определения минимально-допустимой толщины стенки трубопроводов с наличием эрозионно-коррозионного износа

2. ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ, РАЗМЕРА И МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ЛОКАЛЬНОЙ ЗОНЫ ЭРОЗИОННО-КОРРОЗИОННОГО ИЗНОСА НА ВЕЛИЧИНУ МИНИМАЛЬНО ДОПУСТИМОЙ ТОЛЩИНЫ СТЕНКИ ТРУБОПРОВОДОВ

С помощью программного комплекса ANSYS был проведён численный эксперимент: рассмотрен гиб с типоразмером 219×9, работающий под давлением 3,9 МПа и температурой рабочей среды 200 °С, подверженный эрозионно-коррозионному износу. Согласно нормативным документам [2] при изготовлении данногогиба необходимо, чтобы его минимальная толщина по растянутой части была не менее 5,7 мм. Толщинагиба по сжатой части может достигать 11 мм. Проведённый численный эксперимент показал, что при эрозионно-коррозионном износе с дефектом, моделируемым размером в окружном направлении 90° и вытянутом вдоль всей продольной осигиба, минимально допустимая толщина его стенки по растянутой части должна быть не меньше 3,95 мм, а при расположении дефекта на внутренней стороне — не менее 5,65 мм (рис. 2). Действующий нормативный документ [3] регламентирует методику расчёта допустимой толщины стенкигибов, содержащих утонения, расположенные только по растянутой стороне. Если в качестве минимально допустимой толщины для всегогиба будет использовано значение, полу-

ченное для его растянутой части, это может привести с существенной переоценке допустимой величины утонения и потенциальному разрушению такого элемента трубопровода.

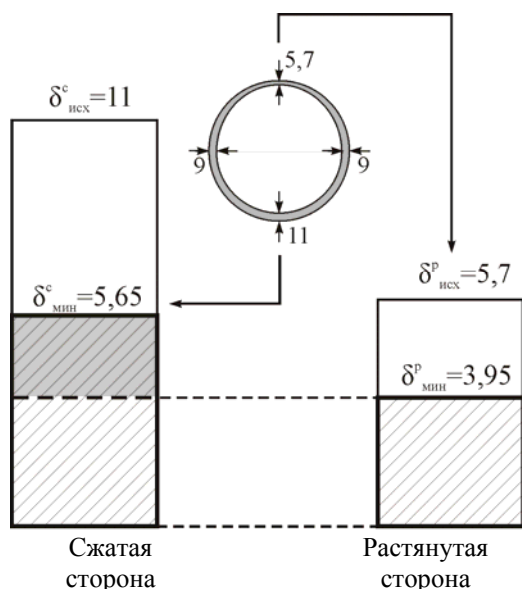


Рис. 2. Влияние местоположения зоны эрозионно-коррозионного износа на значение минимально-допустимой толщины стенкигиба

Проведённые численные эксперименты показали влияние формы эрозионно-коррозионного утонения на напряжённо-деформированное состояние металла трубопровода. В качестве примера на рис. 3 представлен график зависимости первых главных напряжений от величины утонения Z в осевом направлении при $\alpha = 30^\circ$ трубы 325×10 с двумя типами утонения (1 — серповидное и 2 — эллипсоидальное) для трубопровода, нагруженного внутренним давлением 2 МПа.

Как видно из рис. 3 разница в значениях напряжений между двумя видами утонениями составляет около 25 %.

Исследование зависимости первых главных напряжений от формы утонения показало, что чем меньше кривизна дефекта, тем выше первые главные напряжения в месте эрозионно-коррозионного дефекта. Таким образом, для вынесения решения о возможности дальнейшей эксплуатации элемента трубопровода, содержащего эрозионно-коррозионный дефект, необходимо получение по возможности наиболее полной информации о форме утонения по результа-

там проведения контрольно-диагностических мероприятий, а не только точечного замера толщины основного металла.

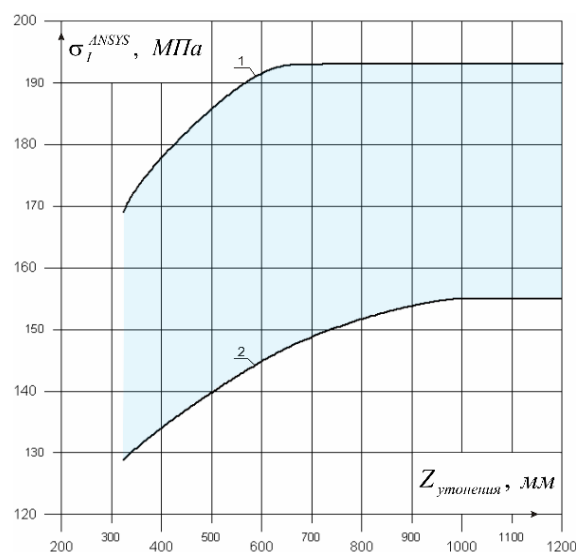


Рис. 3. График зависимости первых главных напряжений от величины утонения в осевом направлении

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании результатов проведённых исследований показано существенное влияние формы поверхности эрозионно-коррозионного утонения на напряжённо-деформированное состояние металла трубопровода. Выявлены влияние и необходимость учёта местоположения зоны эрозионно-коррозионного утонения на напряжённо-деформированное состояние металла. Показаны необходимость и пути совершенствования действующей в отрасли нормативно-технической документации по определению минимально-допустимых толщин стенок трубопроводов АЭС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Результаты** расчётного моделирования по определению минимально допустимых толщин стенок трубопроводов и узлов трубопроводных систем, содержащих эрозионно-коррозионные дефекты // Инженерный журнал. 2012. № 10. С. 50—55.
2. **ОСТ 24.125.34—89.** Отводы крутоизогнутые для трубопроводов АЭС. Конструкция и размеры.
3. **РД ЭО 1.1.211.0571—2015.** Нормы допустимых толщин элементов трубопроводов из углеродистых сталей атомных станций // Машиностроение. 2015. 207 с.

S.V. Shepelev, A.A. Shipkov

ShepelevSV@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

STUDY OF THE SHAPE, SIZE AND LOCATION INFLUENCE OF FLOW-ACCELERATED CORROSION THINNING ON STRESS-STRAIN STATE OF PIPELINE ELEMENTS

SUMMARY

The report describes the features of defining the stress-strain state of pipeline elements with flow-accelerated corrosion thinning for static strength evaluation.

ДИНАМИЧЕСКАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЧИСЛЕННЫХ РЕШЕНИЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В СИСТЕМЕ MATHCAD

АННОТАЦИЯ

В докладе обсуждается применение динамической визуализации численного решения в системе MathCAD задач, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями и дифференциальными уравнениями в частных производных.

ВВЕДЕНИЕ

Компьютерные технологии занимают все более существенное место в образовании. Сегодня компьютер как средство в системе образования по многим параметрам и направлениям перекрывает возможности других средств. Появление компьютерных технологий значительно расширило установленные границы процесса обучения и способствовало качественному улучшению уровня образованности. Обучение будущих специалистов использованию возможностей компьютерных технологий в процессе решения задач по дисциплинам специальности создаёт фундамент для применения полученных навыков в профессиональной деятельности.

Системы компьютерной математики (СКМ) [1] — MatLab, Mathematica, MathCAD, Maple и др. представляют собой современное направление в компьютерных технологиях, соединив в себе знания и умения представителей абстрактной (чистой) математики, прикладной математики и программистов, обеспечивая при этом быстрое и удобное решение сложных научно-технических задач: в образовании СКМ нивелируют существующий у многих студентов барьер перед высшей математикой, выполняют функцию справочников, помогают использовать сложные математические методы для получения и численного, и аналитического решений задач [2, 3]. Графические возможности современных СКМ обеспечивают дополнительной информацией решение сложных прикладных задач. Визуализация промежуточных этапов и полученных результатов решения задачи позволяет студенту понять суть сложных процессов и явлений. Анимация как один из вариантов визуализации играет особую роль, поскольку в этом случае студент видит процесс изменения решения в зависимости от значений используемых параметров или переменных.

Задачи, возникающие в моделировании, например, физических и биологических процессов, описываются обыкновенными дифференциальными уравнениями и дифференциальными уравнениями в частных производных [4—9]. Рассмотрим решение некоторых прикладных задач в системе MathCAD.

1. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ, ОПИСЫВАЕМЫХ ОБЫКНОВЕННЫМИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМИ УРАВНЕНИЯМИ

Задача 1. Механическая система состоит из тела массой m , связанного с жёсткой стенкой через пружину постоянной жёсткости k , демпфером с коэффициентом демпфирования c и пружиной с нелинейной характеристикой, создающей восстанавливающую силу, равную произведению постоянной p на смещение в третьей степени [4].

Построить зависимость смещения $x(t)$ для некоторых значений параметра c и анимацию движения тела в интервале времени $0 \leq t \leq 1$ с для значений коэффициента $0 \leq c \leq 1$ Н·с/см с шагом 0,05, если $m = 0,01$ Н·с²/см, $k = 2$ Н/см, $p = 2$ Н/см³.

Решение данной задачи сводится к решению дифференциального уравнения [4]:

$$m \frac{d^2}{dt^2} x(t) + c \frac{d}{dt} x(t) + kx(t) + px^3(t) = 0$$

с начальными условиями

$$x(0) = 5, \quad \frac{d}{dt} x(0) = 0.$$

Math-Документ:

1. Численное решение задачи с помощью вычислительного блока Given – Odesolve [2]:

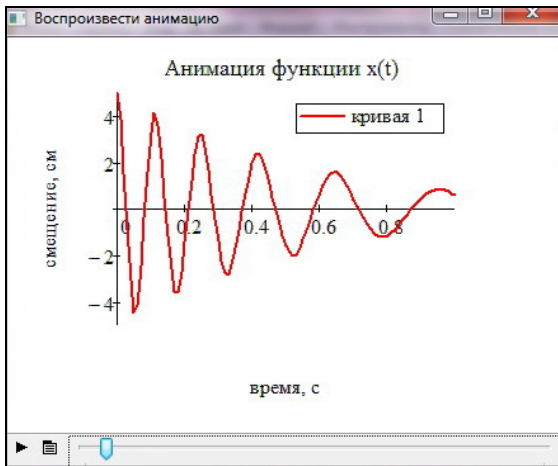
```

Given
0.01 ·  $\frac{d^2}{dt^2} x(t) + c \cdot \frac{d}{dt} x(t) + 2 \cdot x(t) + 2 \cdot x(t)^3 = 0$ 
x(0) = 5   x'(0) = 0
Y(c) := Odesolve(t,1)
    
```

2. Построение графиков смещений $x(t)$ для $c = 0,15$, $c = 0,3$, $c = 0,45$



3. Построение анимации функции $x(t)$ для значений коэффициента $0 \leq c \leq 1$ Н·с/см :



Задача 2. Математическая модель «хищник — жертва» с логистической поправкой отражает динамику взаимодействия популяций и описывается системой дифференциальных уравнений [8]

$$\begin{cases} y_1'(t) = (a - by_2(t))y_1(t) - py_1^2, \\ y_2'(t) = (-c + dy_1(t))y_2(t) - py_2^2 \end{cases}$$

с начальными условиями $y_1(0) = 1, y_2(0) = 2$.

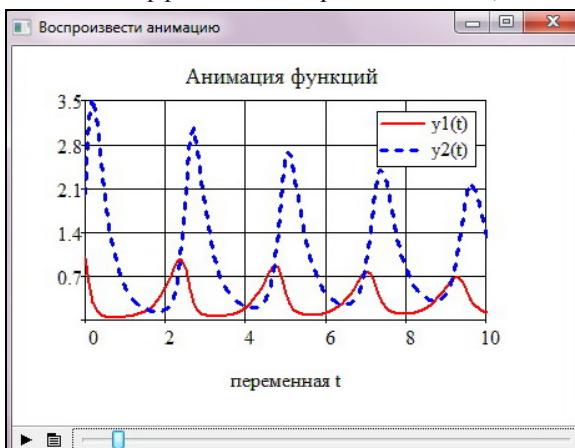
Построить анимацию решения данной системы $y_1(t), y_2(t)$ на отрезке $0 \leq t \leq 10$ для значений параметра p , изменяющегося от 0 до 2 с шагом 0,1, если $a = b = c = 3, d = 10$.

Math-Документ:

1. Решение задачи с помощью встроенной функции rkfixed [2]:

```
a := 3 b := 3 c := 3 d := 10
LB(p) := y ← (1
          2)
          D(x,y) ← [(a - b·y2)·y1 - p·(y1)²]
                    [(-c + d·y1)·y2 - p·(y2)²]
          Y ← rkfixed(y,0,10,100,D)
          Y
```

2. Построение анимации функций $y_1(t), y_2(t)$ для значений коэффициента $0 \leq p \leq 1$ с шагом 0,1:



2. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ, ОПИСЫВАЕМЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМИ УРАВНЕНИЯМИ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ

Задача 3. Найти температуру стержня $0 \leq x \leq L$, предполагая, что на боковой поверхности происходит конвективный теплообмен с внешней средой, имеющей температуру u_0 . Один конец стержня теплоизолирован ($x = 0$), на другом конце происходит теплообмен с внешней средой. Начальная температура стержня определяется формулой

$$\varphi(x) = \begin{cases} \left(\frac{\pi}{2}\right)^2 - 4\left(x - \frac{\pi}{2}\right)^2, & x \in \left[\frac{\pi}{4}, \frac{3\pi}{4}\right], \\ 0, & x \notin \left[\frac{\pi}{4}, \frac{3\pi}{4}\right]. \end{cases}$$

Построить график и анимацию распределения температуры стержня.

Решение задачи сводится к решению дифференциального уравнения в частных производных [6]

$$\frac{\partial}{\partial t} u(x,t) = a^2 \frac{\partial^2}{\partial x^2} u(x,t) - h(u(x,t) - u_0), \quad 0 < x < L, t > 0$$

с граничными условиями

$$\frac{\partial}{\partial x} u(0,t) = 0, \quad \frac{\partial}{\partial x} u(L,t) + h(u(L,t) - u_0) = 0, \quad t \geq 0$$

и начальным условием

$$u(x,0) = \varphi(x), \quad 0 \leq x \leq L.$$

Math-Документ:

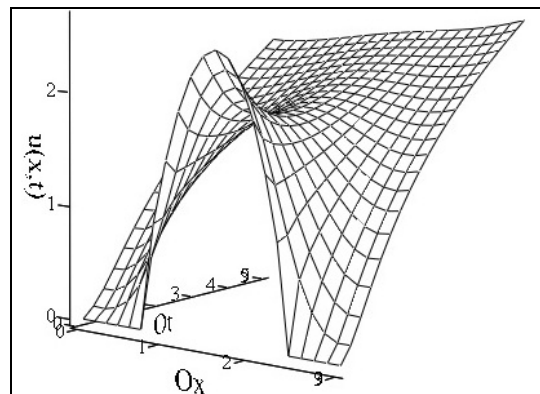
1. Исходные данные задачи:

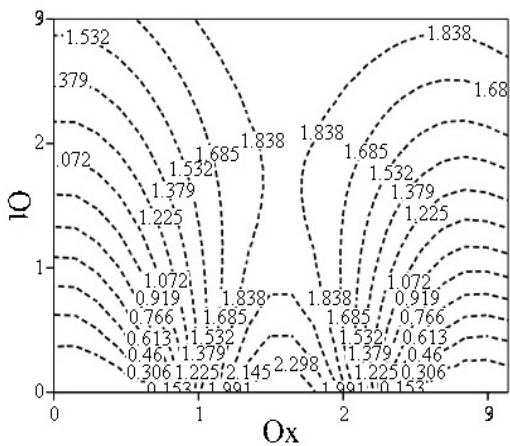
```
a := 0.4 h := 0.015 U0 := 20 L := 3 T := 5
f(x) := 0 if x < 0.25·π ∨ x > 0.75·π
        0.25·π² - 3(x - 0.5·π)² if 0.25·π ≤ x ≤ 0.75·π
```

2. Численное решение задачи с помощью вычислительного блока Given - Pdsolve [2]:

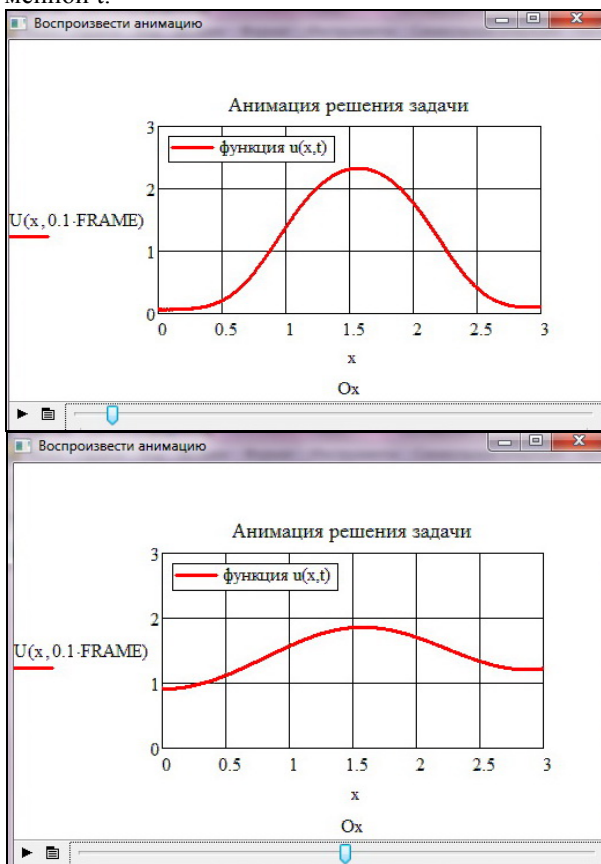
```
Given U_t(x,t) = a²·U_xx(x,t) - h(U(x,t) - U0)
      U_x(0,t) = 0 U_x(L,t) = -h·(U(L,t) - U0)
      U(x,0) = f(x)
U := Pdsolve[U,x,(0,L),t,(0,T),250,200]
```

3. Построение поверхности $u(x,t)$ и линий уровня:





4. Построение анимации функции $u(x,t)$ по переменной t :



Задача 4. Однородная, закреплённая на концах, струна длиной L совершает колебания в среде, сопротивление которой пропорционально скорости. Построить график и анимацию её колебаний, если начальные скорости точек струны равны нулю, а начальное отклонение задается формулой

$$f(x) = \begin{cases} \cos \frac{\pi(x-c)}{2\delta}, & c - \delta \leq x \leq c + \delta, \quad \delta > 0, \quad 0 < c < L, \\ 0, & x \in [0, c - \delta) \cup (c + \delta, L]. \end{cases}$$

Решение данной задачи сводится к решению дифференциального уравнения в частных производных [6]

$$\frac{\partial^2}{\partial t^2} u(x,t) = a^2 \frac{\partial^2}{\partial x^2} u(x,t) - 3 \frac{\partial}{\partial t} u(x,t), \quad 0 < x < L$$

с граничными условиями

$$u(0,t) = 0, \quad u(L,t) = 0, \quad t \geq 0$$

и начальными условиями

$$u(x,0) = f(x), \quad \frac{\partial}{\partial t} u(x,0) = 0, \quad 0 \leq x \leq L.$$

Math-Документ:

1. Исходные данные задачи:

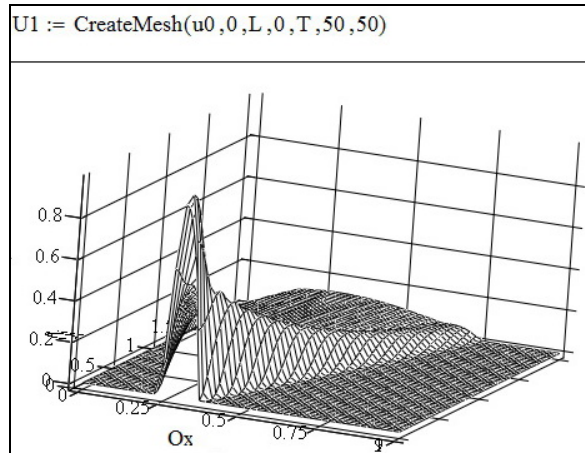
$$a := 0.2 \quad L := 1 \quad T := 2 \quad \delta := 0.06 \quad c := 0.3$$

$$f(x) := \text{if} \left[c - \delta \leq x \leq c + \delta, \cos \left[\pi \frac{(x-c)}{2 \cdot \delta} \right], 0 \right]$$

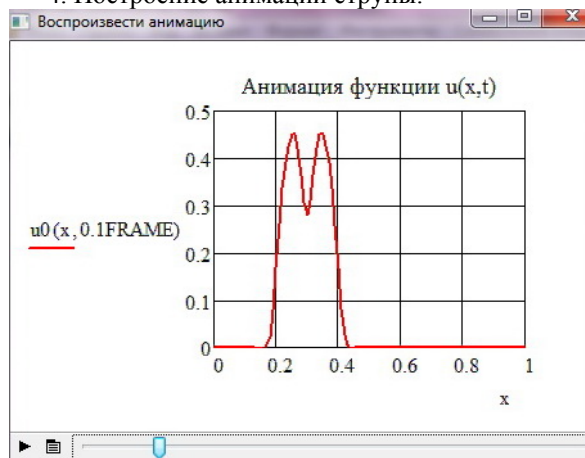
2. Численное решение задачи с помощью вычислительного блока Given – Pdsolve [2]:

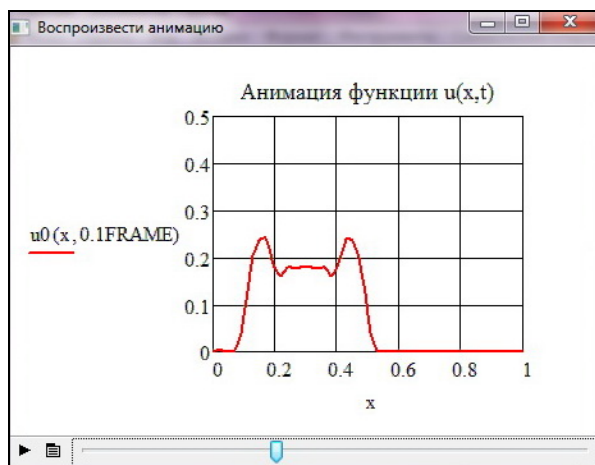
```
Given      u0_t(x,t) = u1(x,t)
u1_t(x,t) = a^2 * u0_xx(x,t) - 3 * u1(x,t)
u0(x,0) = f(x)      u1(x,0) = 0
u0(0,t) = 0         u0(L,t) = 0
(u0
 u1) := Pdsolve [ (u0
 u1), x, (0
 L), t, (0
 T), 100, 100 ]
```

3. Построение поверхности $u(x,t)$:



4. Построение анимации струны:





ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование СКМ является важным фактором повышения качества высшего образования и обуславливает изменение не только способов изучения математических и технических дисциплин, но и отношение студентов к их изучению. При таком подходе преодолеваются математические трудности в решении задач, совершенствуется уровень обучения, поскольку больше внимания уделяется качественным аспектам благодаря сокращению количества рутинных преобразований, расширяется круг доступных для решения задач, обеспечивается возможность представления результатов вычислений в наглядной графической форме.

G.Ch. Shushkevich, S.V. Shushkevich

g_shu@rambler.ru; spusha@list.ru

Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno

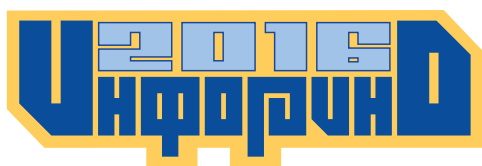
DYNAMIC VISUALIZATION OF NUMERICAL SOLUTION OF DIFFERENTIAL EQUATIONS IN THE SYSTEM MATHCAD

SUMMARY

The use of dynamic visualization of numerical solution of problems in the system MathCAD is considered. Examples of the problems described by ordinary differential equations and differential equations in partial derivatives are represented.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Система компьютерной алгебры. [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Система_компьютерной_алгебры](https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_компьютерной_алгебры) (дата доступа: 14.11.2015).
2. Шушкевич Г.Ч., Шушкевич С.В. Компьютерные технологии в математике. Система MathCAD 14. Ч. 2. Мн.: Из-во Гревцова, 2012.
3. Международный стандарт инженерных расчетов. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pts-russia.com/products/mathcad.html> (дата доступа: 14.11.2015).
4. Шуп Т. Решение инженерных задач на ЭВМ. М.: Мир, 1982.
5. Solodov A., Ochkov V. Differential Models. An introduction with Mathcad. Berlin: Springer, 2005.
6. Будак Б.М., Самарский А.А., Тихонов А.Н. Сборник задач по математической физике. М.: Наука, 1972.
7. Поршнев С.В. Компьютерное моделирование физических процессов с использованием пакета MathCAD. М: Горячая линия – Телесом, 2002.
8. Тарасевич Ю.Ю. Математическое и компьютерное моделирование. М.: Едиториал УРСС, 2002.
9. Амелькин В.В. Дифференциальные уравнения в приложениях. М.: Едиториал УРСС, 2012.



Секция 3

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В УЧЕБНЫХ И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ
ЛАБОРАТОРИЯХ**

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ОЦЕНКЕ ПЕНООБРАЗУЮЩИХ СВОЙСТВ СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ ПРИ РАВНОМЕРНОМ ДУБЛИРОВАНИИ ОПЫТОВ

АННОТАЦИЯ

В работе приведены результаты обработки экспериментальных исследований пенообразующих свойств отечественных и зарубежных смазочных масел для авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) с применением расчётного математического комплекса (РМК). Результаты экспериментальных исследований пенообразующих свойств получены лабораторным методом по ГОСТ 21058—75. Применение РМК позволяет автоматически обрабатывать экспериментальные данные и проводить их аппроксимацию.

ВВЕДЕНИЕ

Вспениваемость авиационных масел является одним из важнейших факторов, влияющих на безопасность полётов. Снижение эксплуатационных свойств масел, обладающих повышенной вспениваемостью, может приводить к нарушению штатной работы авиационных ГТД [1].

Основным методом контроля вспениваемости авиационных масел в России является стандартный метод (ГОСТ 21058—75). Осушенный воздух пропускают через образец масла, находящийся в термостатирующей колонке. Определения показателей вспениваемости (высоты и времени разрушения столба пены) выполняются последовательно при 25, 95 и снова при 25 °С при постоянном расходе воздуха $0,2 \text{ см}^3/\text{с}$ (рис. 1).

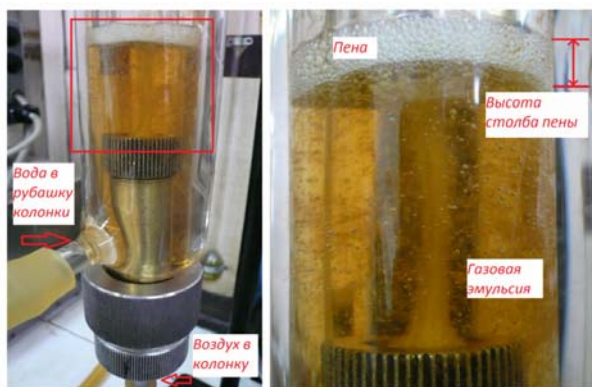


Рис. 1. Визуализация процесса определения пенообразующих свойств

Данный метод предназначен для контроля качества авиационных ГСМ. Метод имеет ряд недостатков и непригоден для проведения некоторых исследовательских и поисковых работ.

Для повышения информативности метод доработан. Определение вспениваемости выполня-

ется в интервале температур с шагом 10 °С, регламентируется процедура подготовки образца, проводятся как параллельные, так и последовательные определения, исследуется кинетика развития и разрушения пены, оценивается влияние расхода воздуха и времени окисления масла [1].

Для повышения адекватности получаемых результатов процесс исследования пенообразующих свойств интегрирован с расчётным математическим комплексом (РМК), написанным на языке программирования Fortran.

1. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПРИ РАВНОМЕРНОМ ДУБЛИРОВАНИИ ОПЫТОВ

Каждый опыт несёт некоторую информацию об объекте. Опыты, различающиеся условиями проведения, несут информацию об эффектах факторов, а параллельные опыты позволяют оценить дисперсию воспроизводимости. С ростом числа параллельных опытов растёт точность оцениваемых в эксперименте эффектов [1].

Обработка результатов экспериментов при равномерном дублировании опытов включает следующее. По результатам параллельных опытов для каждой строки матрицы планирования находят среднее арифметическое значение параметра оптимизации и вычисляют дисперсию опыта. После вычисления дисперсий проверяют гипотезу их однородности. Проверка однородности двух дисперсий проводится с помощью F -критерия Фишера. Однородность ряда дисперсий при равномерном дублировании опытов проверяют с помощью G -критерия Кохрена. При однородности дисперсий опытов вычисляют дисперсию воспроизводимости эксперимента [2]. По результатам эксперимента вычисляют коэффициенты модели и проверяют их значимость. Определяют дисперсию адекватности и проверяют гипотезу адекватности модели по F -критерию Фишера [2, 3].

При обработке экспериментальных данных в РМК используется полиномиальная аппроксимация по методу наименьших квадратов, которая реализуется при помощи диаграммы и линии тренда (рис. 2). Оценивая величину достоверности аппроксимации, программа подбирает такой полином, отклонение линии которого от экспериментальных данных минимально.

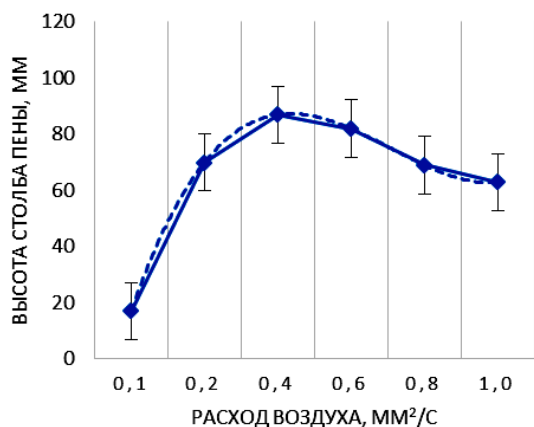


Рис. 2. Результат полиномиальной аппроксимации экспериментальных данных. Температура 65 °С — данные эксперимента; — полиномиальная аппроксимация

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Исследования пенообразующих свойств проводили на отечественных и зарубежных маслах [4]. При исследовании влияния расхода воздуха и температуры испытания на пенообразующие свойства обнаружены два режима образования пены: статический и динамический (рис. 3). Статический реализуется при расходе воздуха 0,2 см³/с и менее, что соответствует малым числам Рейнольдса ($Re < 100$), динамический — при расходе воздуха более 0,2 см³/с.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение РМК облегчает обработку экспериментальных данных и позволяет проводить их автоматическую аппроксимацию, что значительно упрощает работу исследователей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пенообразующие свойства отечественных и зарубежных смазочных масел для авиационных газотурбинных двигателей / В.И. Бабкин, Л.С. Яновский, В.М. Ежов и др. // Трение и смазка в машинах и механизмах. 2015. № 4. С. 33—38.

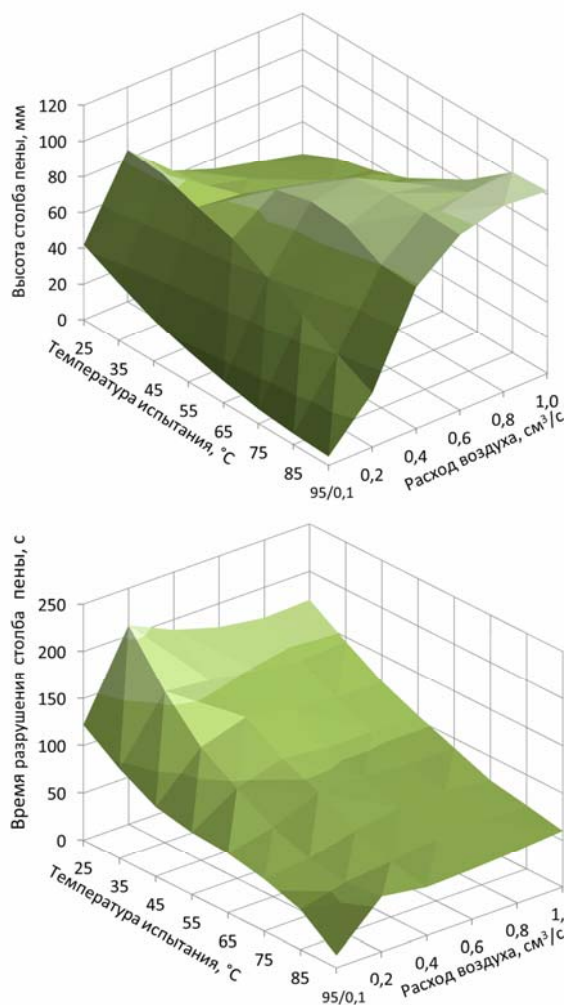


Рис. 3. Пенообразующие свойства масла МС-8П

2. Чуфистов В.А. Планирование и организация эксперимента / под ред. И.В. Шевченко. М.: МАТИ, 2004. 129 с.
3. Любченко Е.А., Чуднова О.А. Планирование и организация эксперимента. Владивосток: Издательство ТГЭУ, 2010. 156 с.
4. Кругляков П.М., Ексерова Д.Р. Пена и пенные плёнки. М.: Химия, 1990. 432 с.

L.V. Agamirov, A.A. Molokanov

AgamirovLV@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

EXPERIMENTAL RESULTS PROCESSING FOR EVALUATION OF FOAMING PROPERTIES OF LUBRICATING OILS UNDER UNIFORM TESTS REPLICATION

SUMMARY

The paper represents a result of experimental researches of foaming properties of Russian and foreign lubricating oils for aviation gas turbine engines (GTE) using a mathematical calculation complex (MCC). The experimental researches of the foam formation determined by laboratory method GOST 21058-75 are shown. The MCC allows automatically handle experimental dates and performs results of their automatic approximation.

ЭФФЕКТИВНЫЙ ПОИСК ПЛАГИАТА В ПРОГРАММНОМ КОДЕ ДЛЯ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ПРАКТИКУМА ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён реализации поиска плагиата в программном коде для автоматической проверяющей системы. Рассмотрен способ предобработки входных данных для повышения качества поиска. Предложен метод индексирования данных на основе подстрок переменной длины для обеспечения высокой скорости поиска по сходству.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в ВоГУ разработана система дистанционного лабораторного практикума по программированию, включающая алгоритмические задачи различной сложности. Важным элементом системы является контроль плагиата практических задач по программированию. Число учебных курсов, в которых предполагается разработка компьютерных программ, а также число студентов, обучающихся на них, постоянно возрастает. При этом не секрет, что всегда находятся недобросовестные студенты, пытающиеся сдать чужие программы или использовать фрагменты чужого кода в своих программах. Простое сравнение файлов не позволяет выявлять такие случаи – для этого требуется специализированное программное обеспечение.

1. ЗАДАЧА ПОИСКА ПО СХОДСТВУ В ПРОГРАММНОМ КОДЕ

Выделим основные требования к программному обеспечению (ПО) для поиска дублирующегося программного кода:

1) выявление различных форм изменений кода, не влияющих на конечный результат. Изменения колеблются от самых простых (например, переименование переменных) до достаточно сложных (запись выражений в другом виде, вставка дополнительного кода, не влияющего на результат, и др.);

2) разработанное ПО не должно требовать значительных временных и пространственных ресурсов;

3) поддержка разных языков программирования, возможность достаточно быстрой и простой настройки новых языков.

Для выявления плагиата в программном коде можно применять сравнение таких характеристик, как число операторов, операндов, специальных символов, частоту ссылок на переменные

и т.п. Подобные подходы носят общее название подсчёта атрибутов.

При небольших модификациях исходного текста хорошо работает простой подход, основанный на поиске общих подстрок. Его расширением является параметризованное сравнение – сравнение текстов в предположении, что они могут отличаться лишь систематическим изменением имен идентификаторов. Данное направление исследовалось в работе Б. Бэйкер, для реализации такого сравнения предложены специализированные структуры данных — параметризованные суффиксные деревья.

Более сложными, но и выявляющими больше случаев плагиата, являются подходы, основанные на выполнении синтаксического (и, возможно, частично семантического) анализа исходных текстов. Примером может служить система Plague, в которой строятся так называемые профили исходных текстов, отражающих последовательность используемых в программе управляющих структур. Для сравнения профилей используется одна из разновидностей поиска наибольших общих подпоследовательностей.

Существуют также подходы, основанные на сравнении синтаксических деревьев, графов выполнения программ, а также некоторые другие.

Однако все перечисленные способы обладают одним из двух недостатков: обеспечивается либо выявление только сравнительно простых случаев изменений в коде, либо наблюдается сильная привязка к конкретным языкам программирования.

Ещё несколько лет назад в статье [1] был предложен достаточно простой подход, где оба этих недостатка почти полностью устранены. Суть подхода состоит в использовании некоторых свойств современных оптимизирующих компиляторов:

1) генерируемый код не зависит от наименований идентификаторов, форматирования текста и т.п.;

2) альтернативные конструкции во многих случаях компилируются в один и тот же код;

3) избыточный код не компилируется (если компилятор в состоянии его распознать);

4) при изменениях простых типов данных на типы со схожими свойствами код может измениться, но легко приводится к общему виду.

Первое утверждение достаточно понятно. Для иллюстрации второго утверждения приведём следующий пример. Предположим, мы заменили цикл `for` циклом `while`. Полученный в этом случае ассемблерный код практически идентичен. Конечно, это будет верно не всегда — важную роль играет как конкретный компилятор, так и особенности исходного текста. Однако результаты на практике оказываются вполне удовлетворительными. Примеры, подтверждающие правильность свойств 3) и 4) можно найти в статье [2].

Таким образом, в качестве входных данных для поиска по сходству может быть взят некоторый промежуточный результат компиляции — ассемблерный текст, байт-код (например, для Java) или объектный код, из которого вырезается всё лишнее — оставляется только последовательность кодов операций.

В итоге наша задача сводится к следующей. В базе данных хранится множество документов, полученных в результате описанных преобразований. На вход поступает новый исходный код. Требуется выбрать документы из базы, содержащие достаточно длинные общие фрагменты (подстроки) с вновь вставляемым документом.

В статье [2] для эффективного выполнения такого поиска по сходству предлагалось использовать обобщённые суффиксные деревья. Действительно, суффиксные деревья хорошо подходят для решения этой задачи. В системе дистанционного практикума по программированию ВоГУ текущая реализация модуля контроля плагиата устроена именно таким образом. Успешный опыт эксплуатации системы в течение нескольких лет подтверждает правильность данного подхода.

Однако у суффиксных деревьев имеется существенный недостаток — крайне высокие требования к оперативной памяти. Даже в лучших программных реализациях размер суффиксного дерева превышает размер входных данных в 10 раз и более. В то же время объём данных, хранящийся в системе дистанционного практикума, постоянно растёт. Более того, скорость роста увеличивается нелинейно в связи с повышением популярности системы за пределами вуза и увеличением числа пользователей. Данный факт может вызывать опасения насчёт дальнейшей масштабируемости системы. В связи с этим возникла необходимость в создании альтернативной, менее затратной по памяти, подсистемы поиска по сходству в коде.

Для этого предлагается использовать новый подход к организации эффективного поиска по сходству, который заключается в применении в качестве минимальных индексируемых элементов подстрок фиксированной либо переменной длины — так называемых k -грамм и мультиграмм.

2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУЛЬТИГРАММНОГО ИНДЕКСА ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПОИСКА ПО СХОДСТВУ

Суть метода, использующего индекс на основе k -грамм, состоит в том, чтобы включать в индекс каждую подстроку из k символов в тексте. Индекс состоит из множества ключей и списков вхождений, которые для определённого ключа ссылаются на документы, в которых этот ключ встречается.

Частным случаем индекса на основе k -грамм является триграммный индекс, в котором значение k равно трём. Например, в состав СУБД PostgreSQL входит модуль `pg_trgm`, который использует данный подход для ускорения полнотекстового поиска по сходству и LIKE-шаблонам.

Триграммный индекс имеет достаточно компактный размер и простой алгоритм построения. Его недостатком является то, что индекс способен ускорить выполнение далеко не всех поисковых запросов, даже обладающих хорошей селективностью. Лучшие результаты при поиске могло бы дать использование грамм длины 4, 5 и т.д. Однако при этом размер индекса и время его построения резко возрастают и становятся неприемлемым для практического применения.

В работе J. Cho и S. Rajagopalan [3] было предложено включать в индекс граммы переменной длины — так называемые мультиграммы. При этом в индекс включаются только полезные мультиграммы. «Полезность» граммы определяется её селективностью:

$$\text{Sel}(x) = M(x) / N,$$

где база данных содержит N блоков данных, а $M(x)$ — количество блоков, содержащих грамму x .

Кроме того, ни одна мультиграмма в индексе не должна являться суффиксом или префиксом другой — такое множество называется пресуффиксно-свободным.

Мультиграммный индекс имеет весьма низкие требования к памяти. Ядро индекса (т.е. множество его ключей) помещается в оперативную память даже при объёмах входных данных порядка сотен гигабайт. При этом размер всего индекса, включая списки вхождений, гарантированно не превосходит размера входных данных. Это позволяет использовать индекс не только для рассматриваемой в статье задачи определения плагиата в программном коде, но и для обработки данных существенно больших объёмов, например поиск в коллекциях аудиозаписей по их фрагментам [2].

Однако можно выделить ряд замечаний к описанному в [3] алгоритму построения индекса:

- не указывается, каким образом осуществлять построение списков вхождений;

- не уточняется, как хранить в памяти множество грамм. От выбора структуры данных может существенно зависеть производительность;

- описанный алгоритм требует выполнения количества проходов по входным данным, равного длине наибольшей граммы в индексе, что приводит к избыточным временным затратам;

- статичность индекса не позволяет применять данный подход для часто изменяемых данных.

Способ эффективного построения списков вхождений при помощи алгоритма Ахо-Корасик был описан в нашей статье [4]. Для хранения грамм индекса в оперативной памяти предложено использовать структуру данных «луч» (другое название — «бор»). Данная структура позволяет эффективно выполнять поиск подстрок в заданном множестве — время поиска подстроки пропорционально её длине и не зависит от размера множества, в котором осуществляется поиск.

Основной проблемой при использовании структуры данных «луч» является организация быстрого поиска нужного ребра, выходящего из узла, в случае использования алфавита большого размера. Обычно с этой целью луч комбинируют с хеш-таблицей или деревом поиска, что как усложняет программную реализацию, так и замедляет операции над лучом. Эксперименты с различными структурами данных показали, что хороший компромисс между скоростью работы и памятью даёт использование шаблонного класса `unordered_map` из стандарта C++11, который представляет собой стандартную реализацию хеш-таблицы. Интересно, что более эффективным по использованию памяти оказывается использование одного большого контейнера для хранения всех рёбер дерева, чем создание маленьких контейнеров в каждом узле дерева.

Альтернативным вариантом является предложенная в нашей статье [5] модификация алгоритма построения множества ключей индекса, позволяющая ещё несколько повысить скорость работы (причём чем выше размер входного алфавита, тем лучше оказывается результат). Каждый символ исходного алфавита представляется в виде строки из двухбитных символов, т.е. проводится переход от исходного алфавита к новому алфавиту размера 4.

В результате из каждого узла луча может выходить максимум 4 ребра, т.е. достаточно в каждом узле хранить массив из четырёх указателей. Разбиение символов на группы битов эффективно выполняется битовыми машинными операциями. Данный подход существенно ускоряет построение индекса над небольшими данными. Однако с ростом объёма данных разница будет уменьшаться, так как время работы будет в основном зависеть от количества проходов по данным во внеш-

ней памяти. Снижение количества проходов примерно в 2 раза было реализовано путём слияния пар соседних проходов в один [5].

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для экспериментов над предложенными нами разработками были использованы реальные данные разного размера, взятые из двух источников: решения студентов ВоГУ (г. Вологда) из системы «Дистанционный практикум по программированию» (<http://avt.vstu.edu.ru/acm>) и набор данных «web-страницы коллекции РОМИП» (<http://romip.ru>). Измерялись время построения списков вхождений, количество мультиграмм, их максимальная длина, а также суммарная длина построенных списков вхождений. Эксперименты проводились на компьютере с процессором Intel Core i5, частотой 2,67Гц, объём памяти 4 Гб.

Эксперимент показал, что размер ядра индекса (множество мультиграмм без списков вхождений) растёт весьма медленно с увеличением размера входных данных и легко помещается в оперативную память.

Входные данные	Размер входных данных	Кол-во мультиграмм / макс. длина	Суммарная длина списков вхождений
Решения студентов из системы дистанционного практикума	20000 файлов 16 Мб	7306 / 8	2692301
Набор данных «web-страницы коллекции РОМИП»	6942 файлов 77 Мб	22344 / 15	6453876
Набор данных «web-страницы коллекции РОМИП»	110998 файлов 924 Мб	37082 / 7	109766807

Списки вхождений занимают достаточно небольшой размер, а при входных данных до нескольких гигабайт тоже целиком помещаются в оперативную память. При увеличении объёмов входных данных время построения списков вхождений остаётся приемлемым для многих прикладных задач.

Далее приведём экспериментальные результаты использования библиотеки, разработанной нами для СУБД PostgreSQL. В данной библиотеке реализована значительная часть полученных теоретических результатов, хотя на момент написания данной статьи в ней ещё имеются некоторые ограничения — в частности, размер индексируемых элементов индекса ограничен константой.

Для эксперимента были взяты реальные данные – программный код решений студентов и отчёты по их проверке из системы дистанционного практикума по программированию за несколько лет её функционирования. Объём данных составил около 200 тысяч документов. Эксперимент проводился на компьютере с процессором Intel Core i5 2,67 Гц в виртуальной машине VMWare со следующими ограничениями: количество ядер — одно, объём памяти — 632 МБ. Операционная система — Linux Ubuntu 12.04.

На первом этапе была выполнена загрузка данных в СУБД PostgreSQL. С этой целью была разработана программа, подготавливающая CSV-файл в формате, понимаемом данной СУБД. Далее с помощью команды COPY утилиты psql была выполнена загрузка данных из внешнего файла в базу данных. Далее был создан индекс с помощью нашей библиотеки, после чего был выполнен замер времени ряда запросов на поиск по сходству.

Как показали результаты эксперимента, разработанный нами модуль многократно (более чем в десять раз) ускоряет поиск по сходству по сравнению со встроенными средствами СУБД. Размер индекса не только не превысил размера входных данных, но даже оказался значительно меньше его. При этом индекс способен работать на широком диапазоне размера входных данных, что обеспечивает хорошую масштабируемость системы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Индекс на основе мультиграмм является перспективной структурой для выполнения поиска по сходству, особенно для данных больших объёмов.

Такой индекс может быть хорошей альтернативой обобщённым суффиксным структурам данных (суффиксным деревьям и массивам), которые плохо применимы в условиях работы с внешней памятью.

Предложенные нами модификации позволили дополнительно улучшить характеристики алгоритмов работы с индексом по сравнению с оригинальными.

Модифицируя наш дистанционный лабораторный практикум при помощи предложенных алгоритмов, можно не опасаться дальнейшей масштабируемости системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Андрианов И.А., Ржеуцкая С.Ю., Носов Д.А.** Разработка и реализация методов поиска дублирующегося программного кода // Кибернетика и высокие технологии XXI века: Материалы VII международной научно-технической конференции. Воронеж: ВГУ, 2006. Т. 2 917 с.
2. **Каберов А.И., Ржеуцкая С.Ю.** Способы и алгоритмы поиска аудиодокументов по их содержанию // Информатизация процессов формирования открытых систем на основе СУБД, САПР, АСНИ и искусственного интеллекта: материалы Международной научно-технической конференции. Вологда: ВоГУ, 2015. С. 63—66.
3. **Cho J., Rajagopalan S.** A Fast Regular Expression Indexing Engine // In Proc. of the 18th Intl. Conf. on Data Engineering (ICDE'02). —2002.
4. **Андрианов И.А., Григорьева А.Н.** Алгоритм быстрого построения списков вхождений для индекса на основе мультиграмм // Системы управления и информационные технологии». Москва-Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2014. № 4(58). С. 29—34.
5. **Григорьева А.Н.** Алгоритм эффективного построения множества ключей индекса на основе мультиграмм // Информационные системы и технологии. № 5 (91). Орел: Изд-во ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК», 2015. С. 86—93.

I.A. Andrianov, A.N. Grigoreva

igand@mail.ru, gran80@mai.ru
Vologda State University, Vologda

EFFECTIVE SEARCH OF PLAGIARISM IN PROGRAM CODE FOR REMOTE TRAINING SYSTEM ON PROGRAMMING

SUMMARY

The report is devoted to the implementation of the plagiarism detection in program code for the automatic checking system. A method for pre-processing the input data to improve search quality is considered. A method of indexing the data based on the variable-length substrings for high-speed similarity search is proposed.

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ CODESYS ПРИ ОБУЧЕНИИ ОСНОВНЫМ ПРИНЦИПАМ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ВОДНО-ХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА

АННОТАЦИЯ

В докладе рассматривается применение системы программирования CODESYS при обучении будущих бакалавров основным принципам построения СХТМ ВХР, приводится обоснование выбора этой системы и краткое описание возможных учебных задач для студентов – моделирование отдельных узлов СХТМ, создание операторских интерфейсов, организация взаимодействия устройств верхнего уровня.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время системы химико-технологического мониторинга водно-химического режима (СХТМ ВХР) являются неотъемлемой частью АСУ ТП электростанции, что делает необходимым обучение студентов, специализирующихся в области автоматизации технологических процессов, основным принципам создания и эксплуатации СХТМ ВХР, в состав которых входят множество разнородных элементов. Обучение студентов-автоматчиков в данной области подразумевает освоение ими широкого спектра навыков и умений — от основных принципов работы датчиков химического контроля до создания операторского интерфейса. Ряд аспектов обучения студентов в упомянутой области рассматривается в этой статье.

1. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА CODESYS

СХТМ ВХР сейчас являются частью АСУ ТП электростанции, в связи с чем изучение принципов построения, функционирования, эксплуатации и обслуживания данных систем необходимо студентам, специализирующимся в области автоматизации технологических процессов и производств в энергетике. Изучение СХТМ ВХР не входит отдельным курсом в программу бакалавриата, тем не менее в рамках её освоения студенты могут познакомиться с элементами СХТМ ВХР в курсах «Метрология, стандартизация и сертификация», «Технические средства автоматизации» и «Системы автоматического управления», кроме того, студенты могут выбрать тему выпускной работы бакалавра, связанную с данной областью. Датчики и вторичные приборы химического контроля изучаются в курсе «Метрология, стандартизация и сертификация». Организация операторского интерфейса в СХТМ ВХР, взаимодействия входящих в состав системы устройств верхнего уровня в значительной степени

изучаются в рамках упомянутых выше курсов «Технические средства автоматизации» и «Системы автоматического управления», однако в основном без связи с СХТМ. Таким образом, чтобы сообщить студентам необходимые сведения о системах химико-технологического мониторинга, представляется логичным решать учебные задачи создания операторского интерфейса, моделирования СХТМ ВХР и т.д. на базе ранее изученных технических и программных средств. В связи с этим имеет смысл решать со студентами учебные задачи, связанные с верхним уровнем СХТМ ВХР в системе программирования CODESYS, которая, во-первых, изучается в рамках курса «Технические средства автоматизации» [1], а во-вторых, достаточно широко применяется при автоматизации небольших объектов (вспомогательного оборудования электростанций, котельных, тепловых пунктов), т.е. не является учебным программным средством и может использоваться студентами в их будущей профессиональной деятельности. Кроме того, система достаточно проста, не требует сложной настройки среды программирования и в целом рассчитана на то, что с ней будут работать сотрудники, не являющиеся профессиональными программистами.

Кроме вышеуказанных, CODESYS обладает некоторыми другими характеристиками, являющимися преимуществами при внедрении её в учебный процесс: система распространяется бесплатно через интернет, что позволяет широко использовать её в учебных целях. Также для отладки программ не требуется обязательно подключаться к контроллеру и загружать в него программу, так как в системе существует режим эмуляции. Таким образом, CODESYS удобен и для выполнения домашних заданий.

2. УЧЕБНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД

Сейчас существует тенденция широкого применения компьютерных моделей в учебном процессе. У этого подхода имеется как ряд преимуществ, так и некоторые недостатки. Студентам бывает сложно соотнести с реальностью результаты эксперимента, полученные при работе с компьютерной моделью, что делает физическую модель полезной на некоторых этапах обучения.

При работе с физической моделью СХТМ ВХР студенты могут изучить работу системы наиболее наглядно, получить более полное пред-

ставление о функционировании технических средств химического контроля, освоить организацию взаимодействия между вторичными приборами, контроллерами и т.д.

Физическая модель СХТМ ВХР на кафедре АСУ ТП МЭИ реализована в виде стенда, с установленными на нем устройствами химического контроля производства НПО «Техноприбор» [2]. Чувствительные элементы установлены в трубопроводе, через который из резервуара циркуляционным насосом прокачивается вода. Стенд оснащен контроллером ПЛК-154 и компьютером, на котором установлена система программирования CODESYS. В настоящее время на базе стенда выполняются выпускные работы бакалавра, курсовые работы и т.д., разрабатывается цикл лабораторных работ по курсу «Метрология, стандартизация и сертификация».

На стенде установлены сенсорные панели, которые могут работать как местные приборы, а также преобразовывать сигналы, поступающие от датчиков, в цифровую форму и по RS-485 передавать их на устройства верхнего уровня, например на контроллер, который соединяется с компьютером через Ethernet.

3. УЧЕБНЫЕ ЗАДАЧИ

На описываемом стенде можно решать задачи, относящиеся к разным учебным предметам.

Выше уже описывались задачи, решаемые в рамках курса «Метрология, стандартизация и сертификация». В рамках курсов «Технические средства автоматизации», «Системы автоматизации и управления», а также выполнения выпускной работы бакалавра студенты решают задачи моделирования СХТМ или отдельных узлов СХТМ, изучают промышленные протоколы, взаимодействие различных устройств верхнего уровня и т.д.

В качестве примера задачи моделирования, рассмотрим следующее: необходимо разработать модель участка СХТМ ВХР; дана точка пароводяного тракта, где измеряется рН водяного теплоносителя, содержание в нем натрия и кислорода. В данной задаче используется система программирования CODESYS и оборудование стенда

химконтроля — трёхканальный прибор Лидер-3 и контроллер ПЛК-154. Структурная схема данной установки приведена на рис. 1.

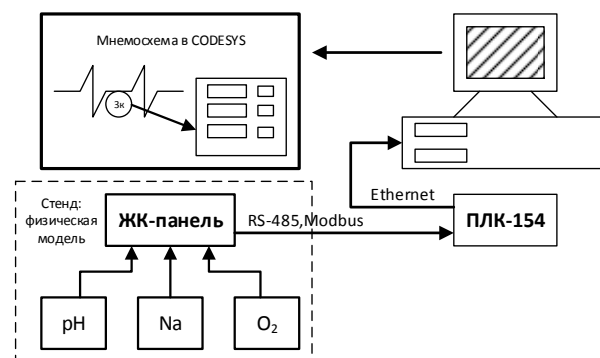


Рис. 1. Структурная схема модели участка СХТМ ВХР

При решении задачи закрепляются знания о принципах работы устройств химического контроля; количестве измерений и месте установки измерительных приборов, совершенствуется навык программирования на языках стандарта IEC 61.131-3 и разработки операторского интерфейса, архивирования полученных данных и организации взаимодействия устройств верхнего уровня.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как показывает опыт проведения занятий, CODESYS можно успешно использовать для решения описанных выше задач студентами бакалавриата, так как при этом студент может работать как в лаборатории, так и дома. Кроме того, можно полностью сосредоточиться на решении поставленной задачи, не отвлекаясь на освоение и настройку сложной среды программирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузищин В.Ф., Мерзликina Е.И. Опыт применения системы CODESYS в учебном процессе // Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования — ИНФОРИНО—2014». М.: Издательство МЭИ, 2014. С. 371—372.
2. Андришин А.В., Квет С.В., Мерзликina Е.И., Никитина И.С. Экспериментально-обучающий стенд кафедры АСУ ТП НИУ «МЭИ», оснащённый приборами химического контроля теплоносителя ТЭС и АЭС // Доклады БГУИР. 2015. № 2. С. 238—240.

A.V. Andryushin, N.S. Dolbikova, S.V. Kiet, E.I. Merzlikina, I.S. Nikitina

AndriushinAV@mpei.ru; nsd0@yandex.ru; s.kiet@technopribor.ru; MerzlikinaYI@mpei.ru; NikitinaIS@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

USE OF CODESYS FOR TEACHING GENERAL PRINCIPLES OF DEVELOPING CHEMICAL MONITORING SYSTEMS

SUMMARY

This paper considers application of CODESYS for teaching future bachelors the main principles of developing chemical monitoring systems. The reasons why this system was chosen are given and some training problems for students to solve are briefly described, they are units of the monitoring system simulation, developing operator interfaces, adjustment of communication between devices of the higher level.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ СТАЛИ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён рассмотрению особенностей построения автоматических систем управления технологическим процессом химико-термической обработки стали. Предложена структура автоматической системы управления и элементная база на основе промышленного контроллера ADAM-5510M. В качестве примера рассмотрена система управления эндогенераторами ЭН-125.

ВВЕДЕНИЕ

Химико-термическая обработка в контролируемых атмосферах деталей машин и механизмов из углеродистых и легированных сталей с целью поверхностного упрочнения получила широкое распространение в промышленности.

Технологические процессы химико-термической обработки характеризуются высокой энергоёмкостью и чувствительностью к отклонениям от оптимальных параметров процесса. Поэтому для реализации в полной мере их преимуществ специализированное термическое оборудование должно быть оснащено автоматической системой управления технологическим процессом — АСУ ТП.

1. СТРУКТУРА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Принцип построения АСУ ТП должен позволять гибко настраивать систему под решаемую задачу путем незначительного изменения или дополнения состава оборудования и корректировки программного обеспечения. АСУ ТП должна обладать такой важной в данном случае характеристикой как масштабируемость, т.е. она должна одинаково хорошо подходить для автоматизации как одной установки, так и для участка или всего цеха. Такое решение не только удешевляет проект в расчёте на единицу оборудования, но позволяет подобрать современные технические средства и стандартное программное обеспечение. Выбранные технические средства должны одинаково хорошо подходить для автоматизации как одной установки, так и нескольких, причём довольно далеко отстоящих друг от друга. При этом автоматическая система управления должна легко расширяться, образуя пространственно-распределённую систему.

При выборе промышленного контроллера следует обращать внимание на такие параметры, как надёжность работы, высокие эксплуатационные характеристики, так как оборудование должно работать в цеховых условиях, и удобство программного конфигурирования.

В нашем случае в качестве основного технического средства для построения унифицированной системы АСУ ТП был выбран свободно программируемый PC-совместимый промышленный контроллер ADAM-5510M. Контроллер допускает подключение до четырёх модулей расширения, варьируемый набор которых из двух десятков единиц обеспечивает гибкость конфигурирования контроллера в зависимости от количества и вида измеряемых или управляемых параметров. Промышленные контроллеры могут быть объединены в многоточечную сеть RS-485 за счёт применения шин передачи данных, например промышленной шины Profibus или ModbusRTU, что позволяет объединить разнесённые контроллеры в единую систему контроля и управления.

В нашем случае АСУ ТП имеет трёхуровневую модель построения. На нижнем уровне расположена подсистема ввода/вывода. К модулям ввода/вывода могут быть подключены датчики температуры и кислорода, газовые сенсоры. Сигналы от них в цифровой форме по специальной шине передаются в контроллер. Получив от контроллера по той же шине управляющую команду, подсистема ввода/вывода подает сигналы на соответствующие исполнительные механизмы: газовые электроклапаны или газовые контроллеры.

На среднем уровне — уровне сбора, обработки данных, формирования сигналов управления и связи с нижним и верхним уровнями, находится промышленный контроллер ADAM 5510M с набором многоканальных модулей ввода-вывода для связи с датчиками и исполнительными устройствами нижнего уровня.

Верхний уровень — уровень диспетчерского управления, состоит из персонального компьютера в офисном исполнении. Как правило, компьютер дублируется панелью оператора, расположенной на лицевой панели монтажного шкафа.

Программное обеспечение АСУ ТП решает задачи сбора данных с датчиков, их обработки по заданному алгоритму и формирования сигнала

управления исполнительными устройствами. Кроме этого, на него ложится задача создания пользовательского интерфейса верхнего уровня, который должен включать в себя представление получаемой информации в табличной и графической формах и архивирование данных.

Для решения этих задач были выбраны две системы программирования: Adamview32 и SCADA-система GeniDAQ. На основе первой системы были разработаны программы работы оборудования среднего уровня, т.е. промышленного контроллера ADAM-5510M и его модулей ввода-вывода, а GeniDAQ позволила создать наглядный пользовательский интерфейс, оператив-

но отражающий ход технологического процесса в графической и табличной формах.

Набор оборудования для создания АСУ ТП, описанный выше, достаточно универсален и является базовым для решения целого ряда задач, связанных с химико-термической обработкой металлов.

2. АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭНДОГЕНЕРАТОРАМИ ЭН-125

В качестве примера практической реализации АСУ ТП на этой основе можно рассмотреть систему управления двумя эндогенераторами ЭН-125, представленную на рис. 1.

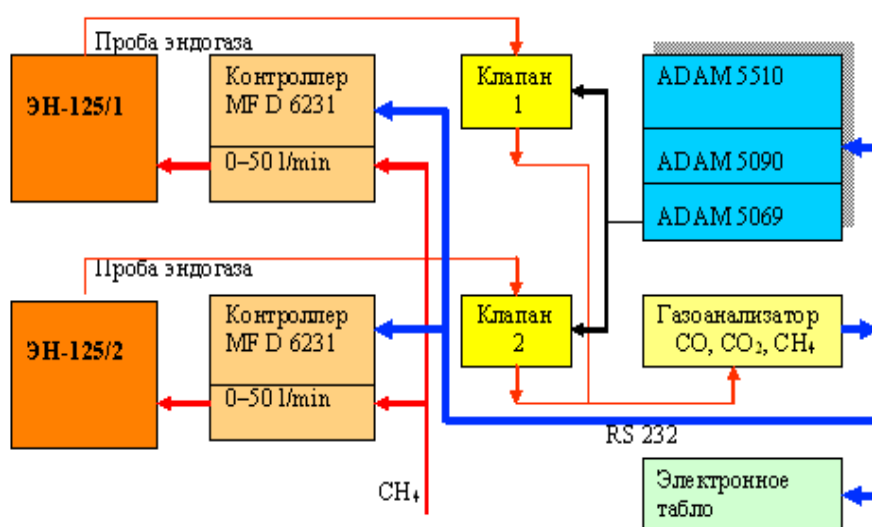


Рис. 1. Блок-схема автоматической системы управления эндогенераторами

От качества получаемого эндогаза в решающей мере зависит весь последующий технологический процесс термообработки, поэтому весьма важно поддерживать оптимальный для процесса состав эндогаза. Наиболее чувствительным к составу эндогаза газовым компонентом является диоксид углерода. Для того чтобы состав эндогаза был оптимальным, уровень диоксида углерода следует поддерживать в пределах 0,2—0,4 %.

Система управления охватывает два эндогенератора ЭН-125 и состоит из промышленного контроллера ADAM 5510M с модулями ввода-вывода ADAM-5090 с четырьмя интерфейсами RS-232 и ADAM-5069 с восемью реле, газоаналитического модуля — трёхкомпонентного (CO₂, CO, CH₄) газоанализатора «ANDROS-6511» с двумя газовыми электроклапанами, предназначенными для коммутации проб эндогазовой атмосферы. Текущие значения оксида, диоксида углерода и метана отображаются на электронном табло панели шкафа управления.

Система работает следующим образом. Пробы эндогаза от эндогенераторов поочередно поступают через газовые электроклапаны на модуль газоанализатора. По интерфейсу RS-232 величина содержания оксида, диоксида углерода и метана в соответствующем эндогенераторе через модуль ввода-вывода ADAM-5090 поступает на процессор промышленного контроллера, где текущее значение диоксида углерода сравнивается с заданной величиной.

Другие два компонента CO и CH₄ являются информационными величинами, говорящими о качестве эндогаза и о состоянии катализатора эндогенератора соответственно.

Программа в промышленном контроллере формирует сигнал управления, который поступает по цифровому каналу на соответствующий газовый контроллер, который изменяет в ту или иную сторону расход природного газа, поступающего на эндогенератор. Система управления позволяет в заводских условиях поддерживать заданный уровень диоксида углерода с точностью до ±0,025 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Информационные технологии, реализованные в совокупности с техническими средствами автоматизации оказались достаточно эффективными и универсальными на промышленном производстве для целого ряда термического оборудования для химико-термической обработки стали.

Опыт эксплуатации автоматических систем управления на машиностроительных предприятиях

республики показал, что при относительно небольшой стоимости работ описанный выше базовый комплект информационно-измерительных, исполнительных устройств и средств автоматизации позволяет создавать весьма надёжные в работе в цеховых условиях автоматические системы управления, охватывающие достаточно большой спектр оборудования и технологий химико-термической обработки металлов.

B.B. Vilenchits, V.K. Popov

vkp@bk.ru

The Institute of Applied Physical Problems named after A.N. Sevchenko, Belorussian state university, Minsk

THE AUTOMATIC SYSTEM FOR MONITORING AND ADMINISTRATION OF STEEL THERMOCHEMICAL TREATMENT

SUMMARY

The report is devoted to consideration of features of creation of automatic control systems of technological process of chemical heat treatment of steel. The structure of an automatic control system and element base on the basis of the industrial ADAM-5510M controller is offered. As an example the control system of EN-125 endogenerator is considered.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ И АНАЛИЗА ПЕРЕХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕКТОВ АВТОМАТИЗАЦИИ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

АННОТАЦИЯ

В докладе изложены результаты разработки лабораторного комплекса для обучения студентов основным навыкам измерения переходных характеристик объектов автоматизации в реальном времени на базе среды графического программирования LabVIEW и комплекта виртуальных измерительных проборов NI ELVIS. В комплекс системы входят: многофункциональная плата ввода-вывода, макетная плата для создания прототипа объекта и среда графического программирования LabVIEW. На текущий момент времени это наиболее современные аппаратные и программные средства, используемые в учебном процессе для исследования объектов автоматизации.

ВВЕДЕНИЕ

Пути эффективного использования компьютеров в научных и технических приложениях связаны с объединением их с измерительными и управляющими приборами, средствами промышленной автоматики в единую систему, обеспечивающую управление техническими объектами в реальном времени.

Одним из важнейших навыков, которыми должны владеть студенты при освоении курсов, связанных с теорией автоматического управления, является умение проводить эксперименты с физическими объектами для оценки их статических и динамических свойств. Основной целью таких исследований является структурная и параметрическая идентификация объекта управления. Данная постановка вопроса допускает возможность проведения активного эксперимента на исследуемом объекте. Оценка частотных свойств объекта и снятие его статических характеристик подробно рассматриваются в [1,2]. В представляемой работе анализируются особенности регистрации переходных характеристик объектов управления в реальном времени. Подобные лабораторные работы, реализуемые в среде MatLab, указанной цели не достигают, так как здесь отсутствует и реальное время, и реальный объект автоматизации. Ниже рассматривается опыт исследования переходных характеристик реальных объектов автоматизации при реализации лабораторных работ в реальном времени на учебно-исследовательских стендах, оборудованных комплектом приборов NI ELVIS (National Instruments Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite).

1. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Внедрение цифровой техники в практику проведения лабораторных исследований позволило удешевить лабораторные стенды, повысить оперативность и точность обработки получаемых результатов. На кафедре управления и информатики МЭИ разработан и внедрён в учебный процесс комплекс, состоящий из лабораторных стендов, оснащённых современной аппаратурой NI ELVIS. С помощью этой техники удалось совместить положительные свойства учебных стендов прошлого, оснащённых аналоговой аппаратурой, и современные компьютерные технологии, позволяющие автоматизировать процесс проведения исследований и последующую обработку результатов.

2. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Переходная характеристика объекта представляет собой зависимость выходной величины объекта от входной при подаче на вход объекта ступенчатой функции времени. Для определения переходной характеристики вход объекта (рис. 1.) соединяется с источником тестового сигнала (DAC 0 – Ground).

Сигналы на выходе и входе объекта измеряются соответственно каналами 0 (Ach 1) и 1 (Ach 0) аналого-цифрового преобразователя, что позволяет одновременно подавать стимулирующее воздействие и контролировать выходную и входную величины.



Рис. 1. Схема измерения переходных характеристик объекта автоматизации

Необходимо точно синхронизировать моменты выдачи тестовых сигналов на объект автоматизации с выхода цифро-аналогового преобразователя (DAC) с моментами измерения реакции объекта на эти сигналы с помощью каналов 0 и 1

аналого-цифрового преобразователя (Ach 0 и Ach 1).

Для сборки прототипа объекта автоматизации использована макетная плата NI ELVIS. Были собраны на RC-цепочках два макета типовых звеньев объекта: инерционного и реального дифференцирующего с известными параметрами.

Построение автоматизированной системы (АС) на основе ЭВМ сводится к подключению к ЭВМ устройств управления объектом и измерения его параметров. Самый эффективный путь объединения в систему ЭВМ и устройств связи с объектом (УСО) для решения поставленной задачи — это подключение таких устройств непосредственно к магистрали ввода-вывода ЭВМ. Преимущества приборов на основе компьютера проистекают из самих возможностей ЭВМ. Устанавливая УСО в компьютер, студенты сразу же получают доступ к возможностям обработки, представления и хранения данных. Поток данных превращается в полезную информацию быстрее, чем когда бы то ни было.

3. ОБРАБОТКА И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

Программа работы автоматизированной системы для исследования переходных характеристик объекта автоматизации в среде графического программирования LabVIEW представляется в виде блок-диаграммы (рис. 2).

На блок-диаграмме помещаются изображения функциональных узлов, соединённых проводниками, по которым поток данных переходит от одного узла к другому. Последовательность выполнения операций с данными определяется не порядком их следования в программе, а наличием данных на входах узлов. Операторы, не связанные потоком данных, выполняются параллельно в произвольном порядке.

Генератор стимулирующих сигналов выполнен на основе ВИ *Basic Function Generator* [1]. На входах генератора требуется задать его основные параметры: амплитуду сигнала, частоту обновления каждой точки и количество генерируемых значений сигнала. Для некоторых параметров генератора, как например, вид сигнала, фаза и т.п. выбраны значения по умолчанию.

В следующем ВИ [2] *DAQ generator* образованный сигнал подаётся на вход цифроаналогового преобразователя DAC0, а с его выхода — на вход объекта автоматизации.

Измерения сигналов на входе и выходе объекта должны начинаться строго в момент начала импульса на выходе *DAQ generator*, поэтому, чтобы избежать гонок и позволить ВИ [4] подготовиться к измерениям сигналов до начала генерации сигнала, на входе генератора включена задержка [3].

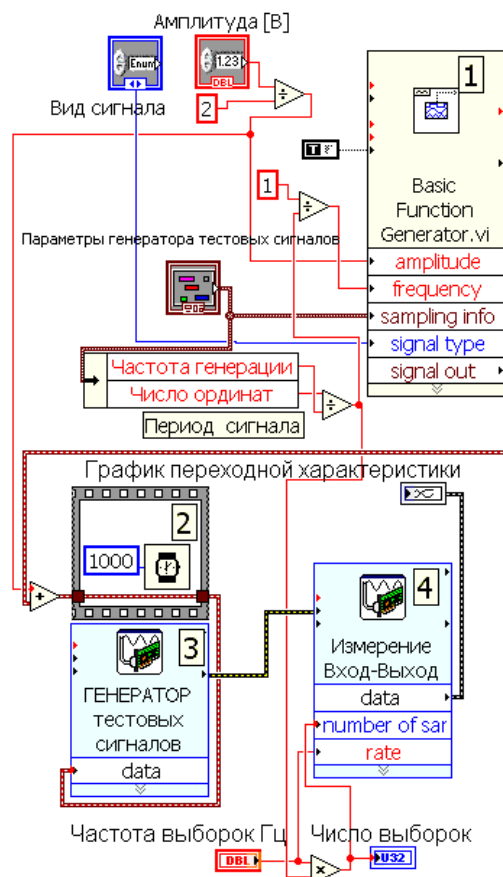


Рис. 2. Блок-диаграмма программы автоматизированной системы

На рис. 3 показан интерфейс пользователя и результаты исследований инерционного звена с постоянной времени, равной 8 мс. Имитация подключения такого инерционного звена к активной нагрузке уменьшает коэффициент передачи в два раза и во столько же раз величину его постоянной времени. Имитация активной нагрузки осуществляется путём шунтирования конденсатора RC-цепочки дополнительным резистором.

До запуска программы необходимо установить параметры генератора стимулирующих сигналов и параметры измерительной системы.

Для генератора указываются: амплитуда сигнала на его выходе (1,00 В), число генерируемых значений (1000) и частота вывода отдельных значений (10,00 кГц). Генератор вычисляет время генерации (0,1 с) и измерения характеристики.

На рис. 3 показан интерфейс пользователя, позволяющий указать входные параметры системы и результаты измерения переходной характеристики инерционного звена. Курсоры, показанные зеленым и голубым цветом, позволяют из графика определить такие параметры объекта, как коэффициент усиления (равен 0,5) и его постоянную времени (4,0 мс), что полностью согласуется с параметрами, вычисленными по известным значениям компонентов системы ($R1 = R2 = 8 \text{ k}\Omega$, $C = 1 \text{ mF}$).

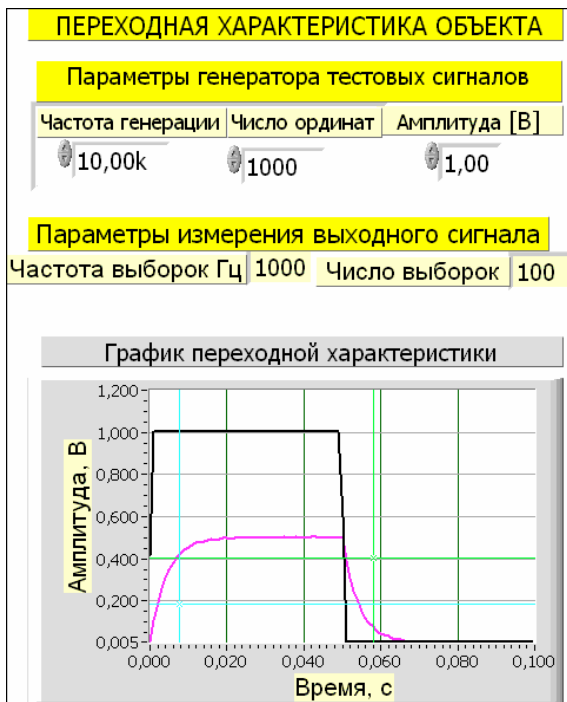


Рис. 3. Интерфейс пользователя

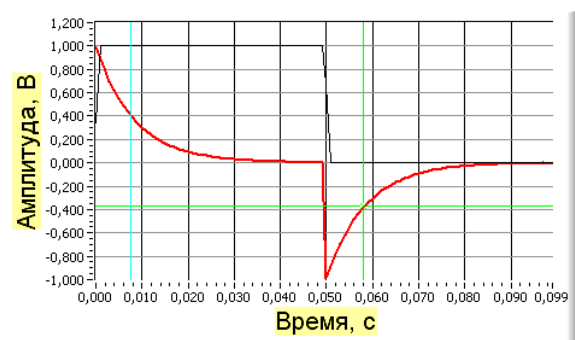


Рис. 4. Переходная характеристика реального дифференцирующего звена

На рис. 4 и 5 показаны графики переходных характеристик реального дифференцирующего звена и инерционного звена, подключаемого к бесконечно малой активной нагрузке с указанными на рисунках параметрами, а именно — коэффициенты передачи оказываются равными единице, а постоянные времени — 8 мс.

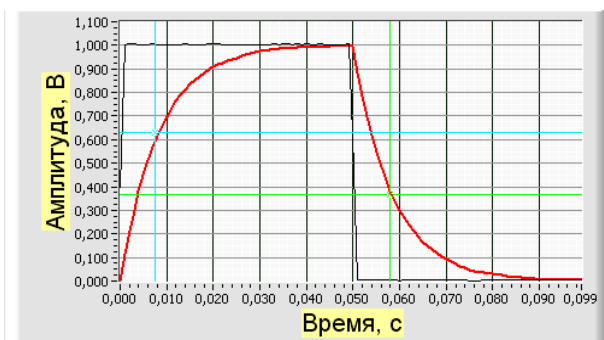


Рис. 5. Переходная характеристика инерционного звена с коэффициентом усиления, равным 1

4. СНЯТИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕКТА С УЧЁТОМ НЕЛИНЕЙНОСТИ СТАТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Навыки, которые получают студенты, работая в реальном времени с реальными объектами, дают им возможность проводить идентификацию нелинейных объектов с комплексным использованием тех возможностей, которые предоставляет им аппаратура NI ELVIS при снятии частотных [1], статических [2] и переходных характеристик. При этом нет необходимости прибегать к помощи вычислительного эксперимента [3], что существенно повышает точность и достоверность результатов идентификации конкретного динамического объекта. На рис.6 представлена экспериментально снятая статическая характеристика рассмотренного выше инерционного объекта, нагруженного на усилитель с бесконечно большим входным сопротивлением и со статической характеристикой типа «насыщение».

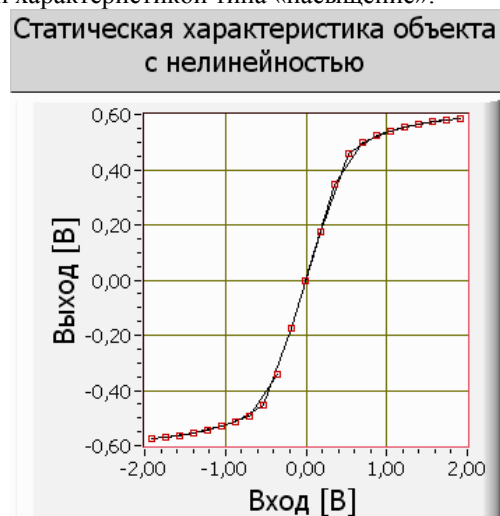


Рис. 6. Статическая характеристика объекта

Переходные характеристики такого объекта при подаче на его вход скачка в 1 В показаны на рис. 7. Здесь наглядно видно уменьшение установившегося значения выходного сигнала из-за влияния насыщения. Кроме того, наблюдается разница в величинах длительности переходных процессов при подаче скачка и при его снятии. Таким образом, оценка параметров передаточной функции инерционного звена по переходной характеристике при таких условиях проведения эксперимента теряет смысл.

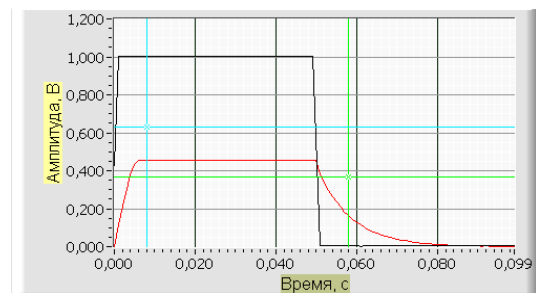


Рис. 7. Изменение переходной характеристики инерционного объекта из-за наличия насыщения

Вместе с тем знание особенностей вида статической характеристики объекта позволяет выбрать такую амплитуду входного скачка в окрестности рабочей точки объекта, при котором он будет вести себя практически как линейное звено. В этом случае результаты идентификации будут соответствовать действительности. На рис. 8 представлены переходные характеристики рассмотренного выше инерционного объекта с эффектом насыщения при подаче на его вход скачка амплитудой 0,3 В. В соответствии со статической характеристикой объекта, показанной на рис. 6, такая амплитуда скачка практически оставляет объект в линейной зоне. В результате коэффициент передачи объекта оказался близким к единице, постоянные времени, определяемые по кривым разгона и спада, соответствуют 8 мс.

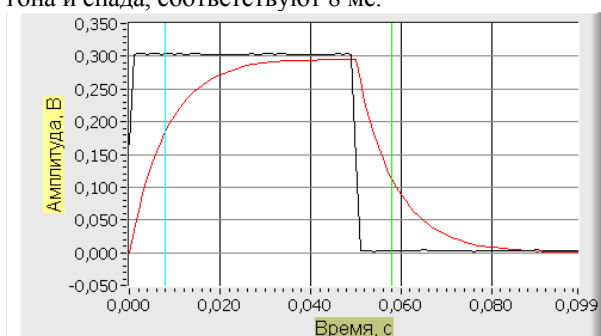


Рис. 8. Переходная характеристика инерционного объекта на линейном участке статической характеристики

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведённые результаты работы автоматизированной системы показывают возможность её использования в качестве лабораторной работы по курсу

«Теория автоматического управления» при измерении переходных характеристик типовых звеньев и компонентов систем. Студенты имеют возможность во время занятия собрать на макетной плате прототип системы, измерить в реальном времени его переходную характеристику, определить параметры объекта и задокументировать результаты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Есюткин А.А., Колосов О.С. Исследование частотных характеристик объектов автоматизации. // Труды международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования — ИФОРИНО—2012» (Москва, 10—11 апреля 2012 г.). М.: Издательский дом МЭИ, 2012. С. 285—286.
2. Есюткин А.А., Колосов О.С. Автоматизированная система измерения и анализа статических характеристик объектов автоматизации // Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования — ИФОРИНО—2014» (Москва 15—16 апреля 2014 г.). — М.: Издательский дом МЭИ, 2014. С. 349—352.
3. Никишин А.Ф. Структурная идентификация нелинейных динамических объектов и систем с использованием вычислительного эксперимента // Вестник МЭИ. 2007. № 4. С. 99—104.
4. Тревис Дж. LabVIEW для всех: пер. с англ. Н.А. Клушин. М.: ДМК Пресс: ПриборКомплект, 2004. 544 с.
5. LabVIEW 7 Express. Вводный курс. NATIONAL INSTRUMENTS, 2003.
6. Комплект виртуальных измерительных приборов для учебных лабораторий NI ELVIS. Технические средства. Руководство пользователя. NATIONAL INSTRUMENTS. April 2006. 373363D-01.

A.A. Esiutkin, O.S. Kolosov

YesiutkinAA@mpei.ru; KolosovOS@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

THE AUTOMATED SYSTEM OF MEASUREMENT AND THE ANALYSIS OF TRANSITIVE CHARACTERISTICS OF OBJECTS OF AUTOMATION IN REAL TIME

SUMMARY

In the report results, development of a laboratory complex for training students to the basic skills of measurement of transitive characteristics of objects of automation in real time are stated on the basis of Wednesday of graphic programming LabVIEW and the complete set of virtual measuring hair partings NI ELVIS. Into a complex of system enter: a multipurpose payment of input-output, a model payment for creation of the prototype of object and the environment of graphic programming LabVIEW. By the current moment time it is the most modern equipment rooms and the software used in educational process for research of objects of automation.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЦЕПЯХ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА СРЕДСТВАМИ MULTISIM

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён вопросам моделирования в программе Multisim переходных процессов в последовательной RLC -цепи с гармоническим источником при изучении курса теоретических основ электротехники. Анализируются работа цепи при различных сочетаниях ее параметров и начальной фазы источника. Приведены примеры моделирования переходных процессов.

ВВЕДЕНИЕ

Экспериментальные исследования переходных процессов при изучении теоретических основ электротехники, как правило, ограничиваются рассмотрением простейших цепей первого и второго порядка при подключении их только к источнику постоянного напряжения или тока. В частности, это обусловлено определенными техническими трудностями создания лабораторного стенда и сложностями визуального наблюдения переходного процесса на экране осциллографа, не имеющего функции запоминания сигнала. Однако для технических специалистов не меньший интерес представляют переходные процессы в таких цепях при подключении их к источнику гармонического сигнала.

В этом случае можно воспользоваться режимом моделирования переходных процессов в программе Multisim [1]. Визуальное наблюдение переходных процессов на двух- или четырехканальном виртуальном запоминающем осциллографе позволяет детально проанализировать и сопоставить изменение напряжений и токов во времени. Определяя параметры гармонического источника, можно задать амплитуду, частоту и начальную фазу напряжения (или тока) и исследовать их влияние на изменение напряжений и токов в цепи при переходном процессе.

1. ПЕРЕХОДНЫЙ ПРОЦЕСС В RLC -ЦЕПИ С ГАРМОНИЧЕСКИМ ИСТОЧНИКОМ

Особый интерес при изучении переходных процессов в цепях гармонического тока представляет схема последовательного (или параллельного) высокодобротного колебательного контура, резонансная частота которого равна или близка частоте подключаемого источника.

Рассмотрим RLC -цепь, состоящую из последовательно соединённых индуктивности $L = 1$ Гн, ёмкости $C = 1$ мкФ и активного сопротивления R . Для моделирования воспользуемся интерактив-

ным эмулятором электрических схем — программой Multisim (рис. 1).

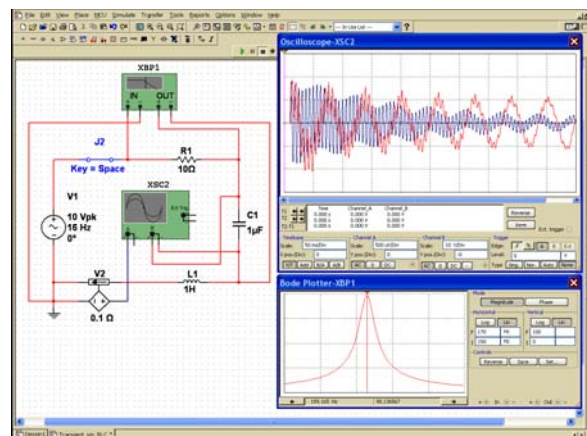


Рис. 1. Моделирование в Multisim переходных процессов в последовательной RLC -цепи

Резонансная частота такого колебательного контура равна:

$$\omega_0 = 1 / \sqrt{LC} = 1 / \sqrt{1 \cdot 1 \cdot 10^{-6}} = 1000 \text{ с}^{-1};$$

$$f_0 = \omega_0 / 2\pi \approx 160 \text{ Гц}.$$

С помощью виртуального измерителя амплитудно-частотных характеристик (плоттера Боде) в режиме моделирования можно определить эту частоту (см. рис. 1) и сравнить её с расчётным значением.

Считая, что до коммутации энергия, запасённая в ёмкости и индуктивности, равна нулю, подключим RLC -цепь к источнику синусоидального напряжения с $U = 10$ В и исследуем переходный процесс при варьировании частоты источника и величины активного сопротивления.

Из условия равенства коэффициента затухания $\delta = R/2L$ резонансной частоте $\omega_0 = 1000 \text{ с}^{-1}$ при неизменных величинах индуктивности и ёмкости найдем величину критического сопротивления ($R = 2$ кОм). В этом случае в цепи наблюдается резонанс напряжений и предельный аperiодический вид переходного процесса.

Выберем величину активного сопротивления $R = 10$ Ом, чтобы коэффициент затухания ($\delta = 5$) был намного меньше резонансной частоты и переходный процесс стал колебательным. Получим выражения для переменных состояния цепи $u_C(t)$, $i_L(t)$.

Закон изменения напряжения на ёмкости для этого режима имеет вид [2]:

$$u_C(t) = U_{mC} \sin(\omega t + \varphi_C) + Ae^{-\delta t} \sin(\omega_c t + \theta), \quad (1)$$

$$U_{mC} = I_m \frac{1}{\omega C} = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}} \frac{1}{\omega C},$$

где

$$\varphi_C = \varphi_U + \varphi - \pi/2, \quad \varphi = \arctg \frac{\omega L - 1/\omega C}{R},$$

$$\omega_c = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}.$$

Учитывая, что для рассматриваемой цепи $\delta \ll \omega_0 \approx \omega_C$, запишем выражение для тока через индуктивность в последовательной RLC -цепи $i(t) = i_L(t)$:

$$i(t) = C \frac{du_C}{dt} \approx I_m \cos(\omega t + \varphi_C) + \omega_0 C A e^{-\delta t} \cos(\omega_0 t + \theta). \quad (2)$$

Постоянные интегрирования A и θ находим из начальных условий и законов коммутации:

$$u_C(0^+) = 0 = U_{mC} \sin \varphi_C + A e^{-\delta t} \sin \theta;$$

$$i(0^+) = 0 = I_m \cos \varphi_C + \omega_0 C A \cos \theta$$

$$A = U_{mC} \sqrt{\sin^2 \varphi_C + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 \cos^2 \varphi_C};$$

$$\theta = \arctg \left(\frac{\omega_0}{\omega} \operatorname{tg} \varphi_C \right).$$

Подставив постоянные интегрирования в уравнения (1) и (2), получим закон изменения напряжения на ёмкости и тока в цепи:

$$u_C(t) = U_{mC} \sin(\omega t + \varphi_C) + U_{mC} \sqrt{\sin^2 \varphi_C + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 \cos^2 \varphi_C} \cdot e^{-\delta t} \sin(\omega_0 t + \theta);$$

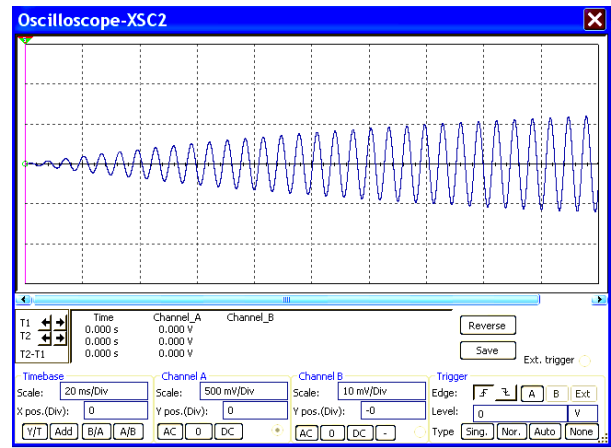
$$i(t) = I_m \cos(\omega t + \varphi_C) + I_m \sqrt{\left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)^2 \sin^2 \varphi_C + \cos^2 \varphi_C} \times e^{-\delta t} \cos(\omega_0 t + \theta).$$

Анализ полученных выражений позволяет сделать вывод, что при частоте напряжения источника $\omega \gg \omega_0$ и угле $\varphi_C \approx 0$ в цепи могут возникнуть перенапряжения, а при $\omega_0 \gg \omega$ и угле $\varphi_C \approx \pi/2$ — сверхтоки.

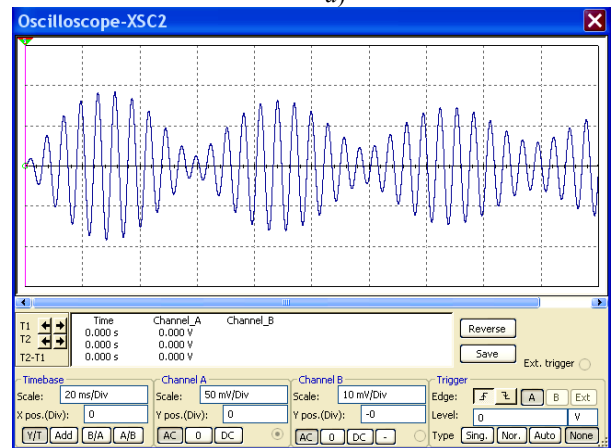
При равенстве частот $\omega = \omega_0$ в цепи наступает резонанс напряжений и в момент коммутации наблюдается явление изохронизма, когда напряжение на ёмкости и ток в цепи (рис. 2, а) изменяются плавно по законам:

$$u_C(t) = U_{mC}(1 - e^{-\delta t}) \sin(\omega_0 t + \varphi_C),$$

$$i(t) = I_m(1 - e^{-\delta t}) \cos(\omega_0 t + \varphi_C).$$



а)



б)

Рис. 2. Ток в высокодобротной RLC -цепи при подключении её к источнику напряжения с частотой: а — $\omega = \omega_0$; б — $\omega = 1,1\omega_0$

В этом случае переходный процесс происходит без перенапряжений и сверхтоков. Амплитудные значения напряжений и токов во время переходного процесса никогда не превосходят их установившиеся значения.

При близких значениях частоты подключаемого источника и резонансной частоты контура в цепи можно наблюдать явление биений напряжения и тока (рис. 2, б) с частотой $\Omega = (\omega - \omega_0)/2$ и удвоенной амплитудой:

$$u_C(t) = 2U_{mC} \cos \Omega t \cdot \sin(\omega_0 t + \varphi_C),$$

$$i(t) = 2I_m \sin \Omega t \cdot \cos(\omega_0 t + \varphi_C).$$

Возникновение биений при подключении RLC -цепи к источнику гармонического напряжения обусловлено несовпадением частот внешнего воздействия и свободных колебаний. Разность мгновенных фаз этих колебаний $(\omega - \omega_0)t$ линейно нарастает во времени. В моменты времени, когда эта разность фаз равна $2k\pi$ (где $k = 0, 1, 2, \dots$), сумма мгновенных значений принужденной и свободной составляющей тока будет максимальна, а в моменты, когда разность фаз будет равна $(2k+1)\pi$ — минимальна.

Постепенно вследствие хотя и малого, но конечного затухания, эти биения прекращаются, и в цепи устанавливается режим синусоидальных колебаний с постоянной амплитудой.

Для исследования влияния на переходный процесс мгновенного значения напряжения источника в момент включения используем схему, показанную на рис. 3. С помощью осциллографа XCS1 наблюдаем напряжение источника и форму тока в цепи, снимая сигнал с зажимов зависимого источника напряжения управляемого током. На входы осциллографа XCS2 подаются напряжения с реактивных элементов цепи.

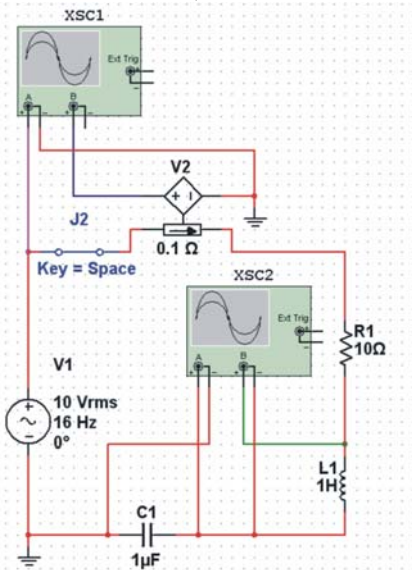


Рис. 3. Схема для моделирования переходных процессов при различных значениях мгновенного напряжения источника в момент коммутации

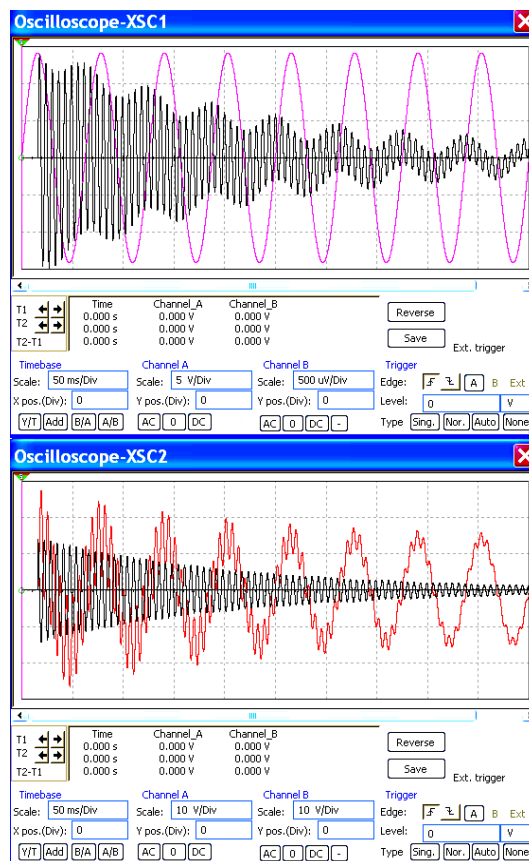
Подключая источник в момент времени, когда мгновенное значение входного напряжения максимально или близко к нулю, можно убедиться в том, что это обстоятельство существенно влияет на переходный процесс (рис. 4).

При увеличении активного сопротивления цепи до критического значения $R = 2 \text{ кОм}$ и более переходный процесс принимает вид аperiodического.

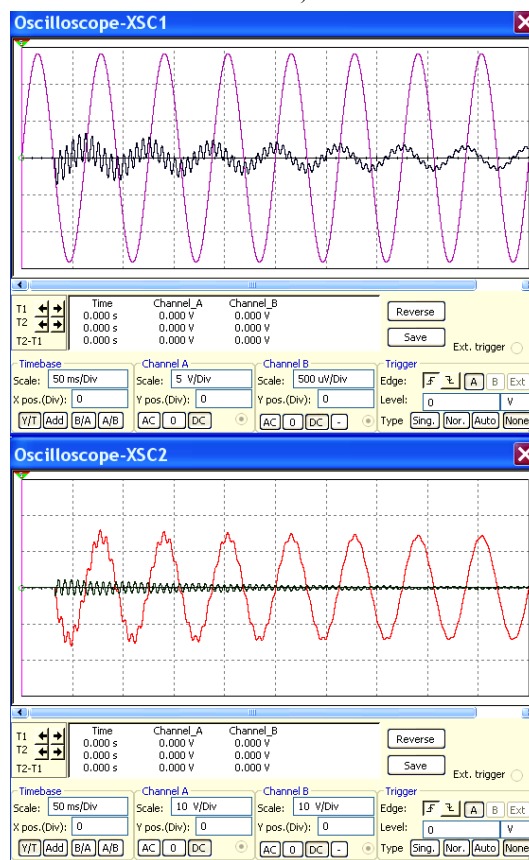
2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА С ПОМОЩЬЮ ИНСТРУМЕНТА TRANSIENT ANALYSIS

В Multisim предусмотрена и другая возможность анализа переходных процессов — с помощью подпункта меню Simulate/ Analysis/ Transient Analysis.

В закладке Analysis Parameters (рис. 5) проводится настройка параметров режима анализа переходных процессов: начального (TSTART) и конечного (TSTOP) времени анализа и величины максимального шага по времени (TMAX), который может быть выбран автоматически или вручную путём определения количества шагов.



a)



б)

Рис. 4. Изменение тока и напряжений на реактивных элементах в высокодобротной RLC -цепи при подключении ее к источнику с частотой $f = 0,1f_0$ и мгновенном значении напряжения на его зажимах: а — $u(0) = U_m$, б — $u(0) \approx 0$

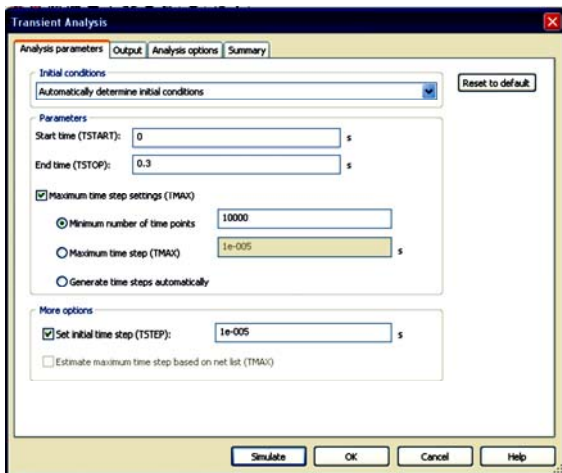


Рис. 5. Меню настройки параметров режима анализа переходных процессов

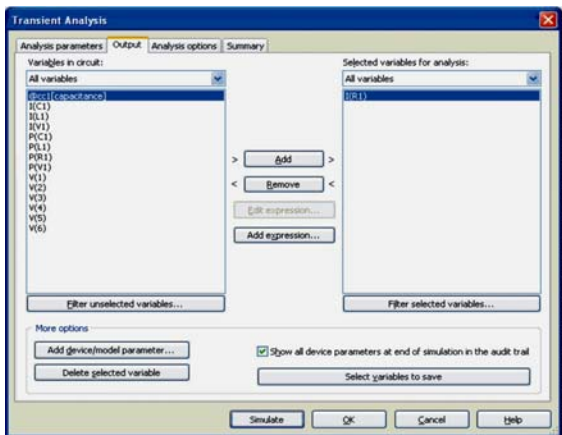


Рис. 6. Меню выбора переменных, для которых рассчитывается переходный процесс

Начальные условия при анализе переходного процесса могут быть заданы автоматически или определены пользователем.

В закладке Output (рис. 6) необходимо с помощью кнопки Add выбрать переменные, для которых будет рассчитан массив данных и построены графики переходного процесса.

Закладка Analysis Options позволяет задать установки SPICE-моделирования, а также максимальное количество отсчетов.

После установки всех необходимых значений параметров необходимо нажать кнопку Simulate

для активации процесса вычисления и выдачи результатов в виде графика переходного процесса (рис. 7), а также табличных данных расчёта.

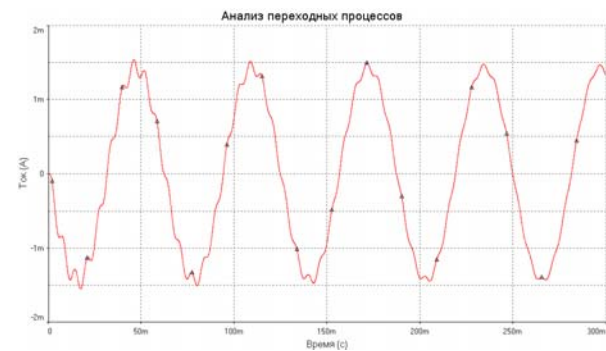


Рис. 7. Результат моделирования переходного процесса по току в RLC-цепи с помощью инструмента Transient Analysis

Численные и графические результаты моделирования переходного процесса можно экспортировать для дальнейшей обработки данных, например в Microsoft Excel.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, использование в учебном процессе программы Multisim для моделирования переходных процессов в цепях с гармоническим источником позволяет выполнить анализ влияния различных сочетаний параметров цепи на изменение тока и напряжений на элементах после коммутации. Моделирование электронных схем с учётом этих обстоятельств даст возможность студентам научиться проектировать их так, чтобы избежать появления перенапряжений и сверхтоков, способных вывести схему из строя, а также добиться требуемого вида и времени переходного процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хернитер М. Е. MultiSim 7. Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств. М.: ДМК Пресс, 2006. 488 с.
2. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учебник. — 10-е изд. М.: Гардарики, 2000. 638 с.

A.A. Efimov, S.Y. Melnikov

efa33@aanet.ru; sburime@mail.ru

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, St.-Petersburg

MODELING TRANSIENT PROCESSES IN AC CIRCUITS MEANS MULTISIM

SUMMARY

Report is devoted to transient analysis in the Multisim program of the sequential RLC-circuit with the AC source during the study of the theoretical electrical engineering course. Analyzed circuits during different combinations of its parameters and initial phase of source. Examples of the simulation of AC transient processes are given.

ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТА MATLAB ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён использованию программного пакета и библиотеки прикладных программ MatLab и Simulink для исследований электрических машин. Использование программного пакета ускоряет научные исследования на ранних стадиях разработки электрических машин, а также позволяет информатизировать образовательный процесс подготовки современных инженерно-технических кадров. Приводится пример исследования асинхронного электродвигателя с проверкой результатов на изготовленном лабораторном стенде.

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, современный процесс обучения тесно связан с применением автоматизации научных исследований и лабораторных испытаний. При этом широко применяется натурное и математическое моделирование изучаемых объектов электрооборудования. В настоящее время существует много компьютерных программ, позволяющих создавать модели объектов электрических машин. Как правило, такие программы отличаются затратами времени на разработку, требованиями к областям знаний и инструментам для построения моделей.

Программный пакет MatLab позволяет существенно сократить время разработки за счёт имеющейся библиотеки элементов и использовать при составлении модели общепринятые схемы замещения электрических машин.

В докладе рассматриваются две такие задачи — настройка имитационных моделей по данным реального функционирования технологического объекта на примере асинхронного электропривода и идентификация параметров входо-выходных моделей в активном эксперименте. Для первой задачи предложен и практически обоснован метод настройки параметров имитационной модели по реальным данным работы объекта, приведены результаты экспериментального исследования метода. Для второй задачи затронута описание метода активной идентификации с использованием точной имитационной модели асинхронного электропривода; экспериментальное обоснование и практическая апробация метода — задача дальнейших исследований.

Регламентирование требований к технике безопасности при работе с электроустановками определяет высокий спрос на компьютерные тренажёры (КТ) для обучения операторов технологических процессов (ТП). Вместе с тем растут и

требования, предъявляемые пользователями, поэтому производители тренажёров вынуждены постоянно совершенствовать свои системы, а в условиях растущей конкуренции — снижать стоимость предлагаемых решений. В настоящей работе описывается подход, позволяющий в ряде случаев существенно снизить затраты на разработку и настройку тренажёрной модели за счёт использования данных, полученных с реальных ТП. Имитационная тренажёрная модель является ключевым компонентом КТ: её характеристики определяют близость поведения объекта и тренажёра. Некорректная тренажерная модель может выработать у операторов так называемый «ложный навык», поэтому к точности тренажерных моделей предъявляются весьма жёсткие требования. В работе [1] в понятие точности тренажёрной модели ТП наряду с полнотой и связностью включается адекватность статического и динамического поведения модели реальному ТП. Адекватность отражает количественную близость параметров модели к соответствующим параметрам объекта в различных режимах. Также важна адекватность модели в динамических переходных режимах работы электроприводов. В настоящее время сформировались два выраженных вида тренажёрных моделей: недорогие и относительно простые типовые модели, предназначенные для отражения технологического процесса на качественном уровне, и специализированные модели, разрабатываемые для имитации работы конкретного промышленного оборудования и призванные с высокой точностью воспроизводить количественные характеристики рассматриваемого ТП с учётом всего спектра технологических режимов и возможных аварийных ситуаций. Создание специализированных ситуационных моделей — дорогостоящий процесс, требующий больших временных затрат и существенного ресурса разработчиков. Между тем для многих задач обучения эксплуатации электроустановок широкие возможности, предоставляемые специализированной моделью, могут оказаться невостребованными, тогда как функциональность типовой модели может быть вполне достаточной. Однако более широкому использованию типовых моделей мешает то, что они в полной мере не отражают количественные характеристики объекта. Далее предлагается метод настройки параметров имитационной модели, позволяющий приблизить поведение модели к поведению реального объек-

та и достигнуть компромисса между затратами на создание специализированной и ограничениями применимости типовой модели [2].

1. МОДЕЛЬ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Для построения модели асинхронного электродвигателя [3] с короткозамкнутым ротором используется стандартная Т-образная схема замещения (рис. 1).

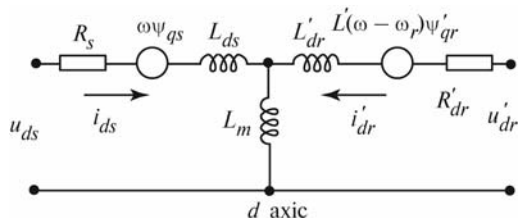


Рис. 1. Схема замещения асинхронного электродвигателя

Уравнение электрической асинхронной машины имеет вид

$$u_{ds} = R_s i_{ds} + \frac{d}{dt} \psi_{ds} - \omega \psi_{qs},$$

где u_{ds} — проекция напряжения на ось d ; R_s — активное сопротивление статора; i_{ds} — проекция тока статора на ось d ; ψ_{ds}, ψ_{qs} — проекции потокоцепления на оси d и q ; ω — угловая частота вращения ротора.

Параметры элементов схемы замещения устанавливаются в блок исходных данных программы [3, 4].

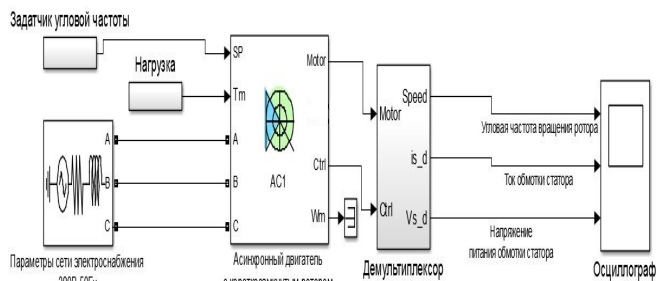


Рис. 2. Модель асинхронного электродвигателя

2. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ В SIMPOWERSYSTEMS

Блок Asynchronous Machine моделирует асинхронную электрическую машину в двигательном или генераторном режимах. Режим работы определяется знаком электромагнитного момента машины. x .

Порты модели А, В и С являются выводами статорной обмотки машины, а порты а, b и с — обмотки ротора машины. Порт Tm предназначен для подачи момента сопротивления движению. На выходном порту m формируется векторный сигнал, состоящий из 21 элемента: токов, потоков и напряжений ротора и статора в неподвижной и вращающейся системах координат, электромагнитного момента, скорости вращения вала, а также его углового положения. Для удобства извле-

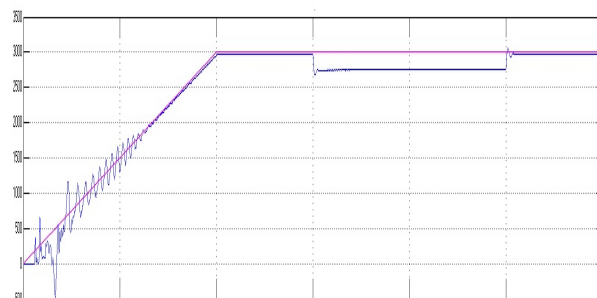
чения переменных машины из вектора в библиотеке SimPowerSystems предусмотрен блок Machines Measurement Demux. Модель асинхронной машины включает в себя модель электрической части, представленной моделью пространства состояний четвёртого порядка и модель механической части в виде системы второго порядка. Все электрические переменные и параметры машины приведены к статору. Исходные уравнения электрической части машины записаны для двухфазной (dq -оси) системе координат..

3. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

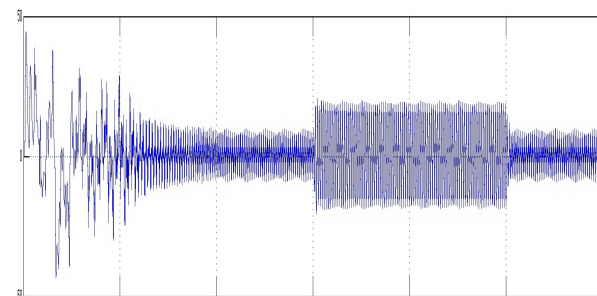
Для проверки работы модели выбран асинхронный электродвигатель [5] с короткозамкнутым ротором технической серии АИ.

Параметры электродвигателя АИР80В2:

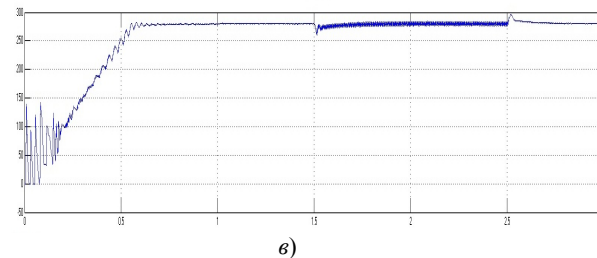
- номинальная мощность — 2,2 кВт;
- угловая частота вращения — 2850 об/мин;
- число пар полюсов — 2;
- напряжение питания — трёхфазный переменный ток 380 В, 50 Гц;
- коэффициент полезного действия — 0,83;
- момент инерции ротора — $21,3 \cdot 10^{-3}$ кгм/см²;



а)



б)



в)

Рис. 3. Графики параметров модели асинхронного электродвигателя: а — угловая частота вращения ротора; б — проекция тока статора на ось d ; в — проекция напряжения статора на ось d

- коэффициент мощности — 0,87;
- кратность пускового тока — 7;
- кратность пускового момента — 2;
- кратность максимального моменты — 2,2;
- управление электродвигателем — частотное.

Схема управления электродвигателем содержит звено «постоянного тока» и инвертор на IGBT транзисторах. Построение схемы управления электродвигателем выполнена по имеющимся элементам в библиотеке прикладных программ.

На выходе модели сформированы измерение и графическое представление величин и формы угловой частоты вращения напряжения и тока фазы обмотки статора электродвигателя (рис. 3).

Для натурных испытаний электродвигателя использовался разработанный авторами нагрузочный стенд с электромагнитным тормозом.

4. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Для снятия нагрузочных характеристик электродвигателей используется нагрузочный стенд с электромагнитным тормозом. Электромагнитный тормоз или электромашинный динамометр представляет собой машину постоянного тока, регулирующую посредством изменения тока обмотки возбуждения. Конструктивно якорь (индуктор) такой машины выполнен в виде ферромагнитного сплошного диска и может поворачиваться в пределах некоторого угла, ограниченного неподвижными упорами. Вал испытываемого электродвигателя соединён с индуктором.

Обмотка возбуждения находится на статоре машины в плоскости индуктора и имеет возможность поворачиваться относительно оси вращения индуктора. Обмотка возбуждения подключается к регулируемому источнику постоянного тока. При прохождении постоянного тока по ОВ создается магнитный поток.

Вращающий момент на балансирном статоре уравнивается и измеряется маятниковым устройством, состоящим из соединённой к корпусу статора штанги с грузом (гирей).

Диапазон измерений электромагнитного тормоза от 0 до 1,2 Н·м.

Каждое деление шкалы — 0,03 Н·м.

Величина напряжения от источника питания от 0 до 30 В.

Стенд, состоящий из нагрузочной установки и информационно-измерительной системы может быть использован для определения характеристик

и сравнительной оценки различных электроприводов (см. рис. 1).

Устройство согласования обеспечивает подключение токовых цепей с помощью клещей-адаптеров АТА-2504 с разъёмным магнитопроводом и датчиком на эффекте Холла. Клещи-адаптер позволяют выполнять бесконтактное измерение постоянного и переменного тока без разрыва цепи в диапазонах 4, 40 и 200 А. Согласование уровней сетевого напряжения до уровня напряжений на аналоговых входах NI USB-6009 выполнено с помощью трансформаторов напряжения.

В результате исследования впервые была создана информационно-измерительная установка, включающая аппаратно-программные средства управления электроприводами с помощью контроллера IRMCS 3041 фирмы International Rectifier.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Построение компьютерных моделей электрической машины в программном пакете MatLab может быть проведено на ранних этапах процесса разработки как самой машины, так и системы ее управления.

Модель даёт достаточную степень приближения по основным выходным параметрам электрической машины, что подтверждается натурными испытаниями на лабораторном стенде.

Применение программного пакета MatLab при проведении лабораторных практик может быть использовано в современных информативных учебных программах высшего профессионального образования по электротехническим направлениям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Дозорцев В.М.** Компьютерные тренажёры для обучения операторов технологических процессов. М.: СИНТЕГ, 2009.
2. **Дозорцев В.М., Сластенов И.В., Тасанбаев С.Е.** Метод идентификации на базе имитационного моделирования технологических процессов // XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ—2014 (Москва, 16—19 июня 2014 г.) С. 4447—4459.
3. **Дьяконов В.П., Пеньков А.А.** MatLab и Simulink в электроэнергетике: Справочник. М.: Горячая линия-Телеком, 2009. 816 с.
4. **Чернов И.В.** Моделирование электротехнических устройств в MatLab, SimPowerSystems и Simulink. М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. 288 с.
5. **Проектирование** электрических машин: учеб. пособие для вузов /И.П. Копылов, Ф.А. Горяинов, Б.К. Клоков и др.; под ред. И. П. Копылова. М.: Энергия, 1980. 496 с.

D.V. Zhmatov¹, V.P. Gorkin¹, A.A. Lytov²

dmitry.zhmatov@mieen.ru; gorvall69@yandex.ru; lytovandrei@gmail.com

¹Moscow Institute of Energy-safety and Energy-economy, Moscow

²Moscow State University of Mechanical Engineering, Moscow

APPLICATION OF MATLAB FOR RESEARCH INDUCTION MOTORS

SUMMARY

The report is devoted use of a software package and library of applied programs MATLAB and Simulink for researches of electric cars. Software package use accelerates scientific researches at early stages of working out of electric cars, and also allows информатизировать educational process of preparation of modern technical shots. The example of research of the asynchronous electric motor with check of results at the made laboratory stand is resulted.

Р.С. Киреев, М.И. Шарипов, Г.А. Каяшева

romanych.kireev@yandex.ru; sharipovm@mail.ru; gkaysheva@mail.ru

ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет (УГНТУ),
филиал в г. Стерлитамаке, Российская Федерация

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SCADA-СИСТЕМЫ VIJEO CITECT И КОНТРОЛЛЕРА MODICON M340

АННОТАЦИЯ

В качестве одного из вариантов в статье предложено создание лабораторной установки для автоматического контроля и регулирования температуры посредством интегрированной системы Vijeo Citect 7.2 и программной среды для разработки и программирования ПЛК (программируемый логический контроллер) Schneider Electric Unity Pro 7.0, состоящей из четырёх частей. В первой описан объект управления. Во второй части описано, как проводится настройка оборудования лабораторной установки. Третья часть заключается в написании программы для контроллера Modicon M340. В четвёртой части создан интерфейс для автоматического управления в интегрированной SCADA-системе Vijeo Citect 7.2.

ВВЕДЕНИЕ

В качестве одного из вариантов в статье предложено создание лабораторной установки для автоматического контроля и регулирования температуры посредством интегрированной системы Vijeo Citect 7.2 и программной среды для разработки и программирования ПЛК Schneider Electric Unity Pro 7.0, состоящей из следующих четырёх частей:

1. Описание объекта управления.
2. Настройка оборудования лабораторной установки.
3. Написание управляющей программы для контроллера Modicon M340.
4. Создание интерфейса для автоматического управления в интегрированной SCADA-системе Vijeo Citect 7.20.

1. ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

В первой части описывается объект управления и объясняется физический смысл лабораторного стенда.

Установка автоматического контроля и регулирования температуры представляет собой короб из дерева (рис. 1). Установка является моделью лабораторного стенда для регулирования температуры среды. Целью работы установки является автоматическое поддержание заданной температуры при помощи датчика ТСМУ 040-50.

Питание лампы накаливания осуществляется с помощью внешних контактов реле, которые, в свою очередь, питаются от сети 220 В.

Лабораторный стенд содержит в себе два контура: первичный и вторичный.

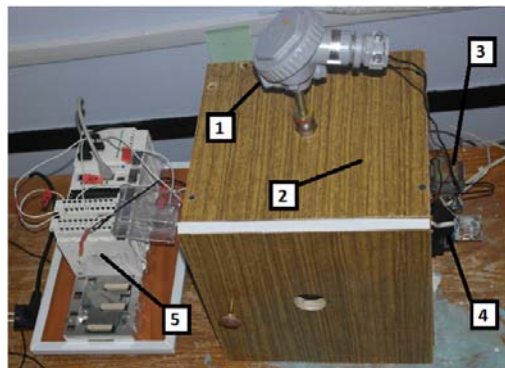


Рис. 1. Общий вид установки: 1 — ТСМУ 040-50; 2 — короб; 3 — трансформатор; 4 — управляющее реле; 5 — контроллер Modicon M340; 6 — вентилятор; 7 — цоколь с лампой накаливания

В первичном контуре происходит измерение температуры внутри короба. Оно осуществляется с помощью термопреобразователя сопротивления ТСМУ 040-50. Питание ТСМУ 040-05 осуществляется с помощью подключения его к аналоговому модулю ввода/вывода (схема подключения приведена на рис. 2.). Номинальное напряжение ТСМУ 040-50 совпадает с максимальным напряжением на выходе контроллера 24 В(выходной сигнал унифицированный токовой). Поэтому никаких дополнительных преобразователей между контроллером и прибором не требуется. Схема подключения прибора и его внешний вид изображены на рис. 2.

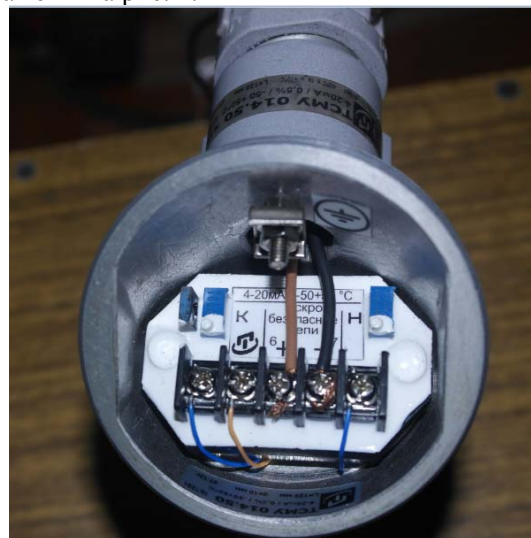


Рис. 2. Внешний вид электрических подключений термопреобразователя сопротивления ТСМУ 040-50

Во вторичном контуре происходит обработка контроллером полученного сигнала и преобразование его в дискретный сигнал идущий на выход от контроллера (24 В). Он идёт на управляющее реле, где в зависимости от сигнала реле либо замыкается (подаётся «единица»), либо размыкается (подаётся «ноль»).

Коммутация приборов осуществляется через две клеммные колодки. Клеммные колодки подключаются к двум модулям — ВМХ АММ 0600 и DDM DDM 16025.

2. НАСТРОЙКА ОБОРУДОВАНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Во второй части объясняется, как настроить оборудование для дальнейшей корректной работы установки автоматического контроля и регулирования температуры.

Дополнительной настройки требуют контроллер серии Modicon М340 и компьютер, к которому будут подключены контроллеры.

Выбранная модель контроллера поддерживает соединения Modbus TCP/IP и Modbus Serial Link, что освобождает от установки дополнительных сетевых модулей. Управление контроллером будет осуществляться с ПК посредством SCADA-системы Vijeо Citect 7.20. Связь между ПК и ПЛК осуществляется по протоколу TCP/IP, поэтому необходимо провести конфигурирование сети.

Далее необходимо соотнести созданную сеть с процессорным модулем, который будет осуществлять соединение.

3. НАПИСАНИЕ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ КОНТРОЛЛЕРА MODICON M340

Третья часть посвящена написанию программы для контроллера.

Создание программы для управления установкой автоматического контроля и регулирования температуры осуществляется на языке ST.

В программе объявлены следующие переменные:

- 1) temp_1 — переменная, в которую записывается значение температуры, приходящее с TCMY 040-50;
- 2) temp_ust — пороговое значение температуры, при достижении которой установка по регулированию и контролю температуры выключается. Это значение мы задаем сами;
- 3) m_temp_1 — шкала температуры;
- 4) m_ten_1 — ползунок на шкале температуры;
- 5) pusк — включение установки;
- 6) stop — остановка;
- 7) ten_1 — переменная для сравнения температур, приходящих с TCMY 040-50, и порогового значения температуры.

Программа для управления установкой автоматического контроля и регулирования температуры, написанная на языке программирования ST, представлена на рис. 3.

```

ladder temp: [MAST]
if pusк=1 (* если запускаем установку *)
then ten_1:=1; (* тогда переменной сравнения присваиваем log1 *)
end_if;
if stop=1 (* если стоп *)
then ten_1:=0; (* тогда переменная сравнения log0 *)
pusк:=0; (* пуск log0 *)
end_if;

if pusк=1 and temp_1>temp_ust (* если пуск и при этом TCMY>порог.зн *)
then ten_1:=0; (* то лампочка не загорается *)
end_if;

m_temp_1:=temp_1; (*шкала с ползунком *)
m_ten_1:=ten_1;

```

Рис. 3. Листинг программы в среде Unity Pro на языке ST

Суть программы управления установкой автоматического контроля и регулирования температуры состоит в следующем.

Проводится сравнение температур между термопреобразователем сопротивления TCMY 040-50 (temp_1) и установленным значением (temp_ust). Если температура установки больше температуры установленного значения, то сигналом, подаваемым на реле, будет логический ноль. Если меньше, то будет подаваться логическая единица.

4. СОЗДАНИЕ ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ В SCADA-СИСТЕМЕ VIJEО CITECT 7.20

В четвёртой части приведена настройка графического интерфейса для управления лабораторным стендом на экране ПК.

Создано 5 тегов: m_temp, m_temp_ust, pusк, stop, m_ten, с учётом ранее созданных переменных в программе Unity Pro. Создан переменный тег OutPutReg для вывода тренда.

Для отображения процесса создана графическая страница. Одним из графических элементов является короб с имитацией лампы накаливания и TCMY040-50. На странице находятся несколько кнопок, необходимых оператору для управления процессом, а также кнопок с элементами индикации частоты вращения электродвигателя (рис. 4).



Рис. 4. Графический экран установки автоматической системы регулирования температуры

Таким образом, были проведены настройка оборудования, применённого в установке, и подключение контроллера серии Modicon М340 к ПК.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом выполнения работы является автоматическая установка регулирования температуры, способная автоматически поддерживать заданный параметр. Связь с контроллером осуществляется по протоколу TCP/IP. Управление установкой осуществляется через графический интерфейс, созданный в SCADA-системе Vijeo Citect 7.20.

Работа позволяет изучить устройство и принцип работы автоматической установки регулирования температуры, получить навыки создания интегрированных систем управления технологическими объектами на базе программных пакетов Vijeo Citect 7.20 и Unity Pro 7.0.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Системы искусственного интеллекта: учебное пособие. Ч.1** / Е.А. Муравьёва, М.И. Шарипов, Г.А. Каяшева и др. Уфа, 2015.
2. **Сагдатуллин А.М., Емекеев А.А., Муравьёва Е.А.** Системно-интегративный подход к автоматизации процессов проектирования и контроля разработки нефтегазовых месторождений // Нефтяное хозяйство. 2015. № 3. С. 92—95.
3. **Муравьёва Е.А., Соловьёв К.А., Султанов Р.Г., Соловьёва О.И.** Синтез нечёткого регулятора с заданной многомерной статической характеристикой // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело, 2015. № 1. С. 245—260.
4. **Соловьёв К.А., Муравьёва Е.А., Султанов Р.Г., Соловьёва О.И.** Синтез нечёткого регулятора для управления соотношением расходов «газ – воздух» на основе режимной карты // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2015. № 1. С. 275—291.
5. **Sagdatullin A., Emekeev A., Muravyova E.** Intellectual control of oil and gas transportation system by multidimensional fuzzy controllers with precise terms // Applied Mechanics and Materials. 2015. Т. 756. С. 633.
6. **Муравьёва Е.А., Сагдатуллин А.М.** Система управления насосной станции с интерпретацией компенсационной функции совокупностью чётких термов // Учёные записки Альметьевского государственного нефтяного института. 2015. Т. XIII. № 1. С. 363—368.
7. **Шарипов М.И., Муравьёва Е.А., Каяшев А.И., Багров К.А.** Нечёткие когнитивные модели с представлением характеристик концептов совокупностью аргументов двузначной логики // В сборнике: ITIDS+RRS'2014 Proceedings of the 2 nd International Conference «Information Technologies for Intelligent Decision Making Support», 2014. С. 18—21.
8. **Емекеев А.А., Сагдатуллин А.М., Муравьёва Е.А.** Интеллектуальное логическое управление электроприводом насосной станции // Современные технологии в нефтегазовом деле-2014: Сборник трудов Международной научно-технической конференции. Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2014. С. 218—221.
9. **Sagdatullin A., Muravyova E.** Technological processes management by fuzzy controllers with multidimensional precise terms fuzzy regulator // Молодёжь и современные информационные технологии: Сб. трудов XII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2014. С. 305—306.
10. **Каяшев А.И., Шарипов М.И., Муравьёва Е.А., Багров К.А.** Когнитивные карты с интерпретацией концептов и связей между ними совокупностью аргументов двузначной логики // Материалы XII всероссийского совещания по проблемам управления ВСПУ-2014. Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2014. С. 4126—4131.
11. **Verbally defined processes controlled by fuzzy controllers with input/output parameters represented by set of precise terms** / A. Kayashev, E. Muravyova, M. Sharipov et al. // Proceedings of 2014 International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems – MEACS, 2014. С. 698.
12. **Соловьёв К.А., Муравьёва Е.А., Султанов Р.Г.** Адаптация нечёткого регулятора // Нефтегазовое дело. 2014. Т. 12. № 3. С. 123.
13. **Соловьёв К.А., Муравьёва Е.А., Султанов Р.Г.** Адаптация нечёткого регулятора // Нефтегазовое дело. 2014. № 12—3. С. 123—128.
14. **Муравьёва Е.А., Сагдатуллин А.М., Емекеев А.А.** Artificial intelligence and artificial neural network in images recognition // Материалы научной сессии ученых Альметьевского государственного нефтяного института, 2014. Т. 1. № 2. С. 98—101.
15. **Муравьёва Е.А., Шарипов М.И., Маннанов Ф.Ф.** Система автоматизации отопления при помощи инфракрасных обогревателей механического цеха на ОАО «Красный Пролетарий» // Научные труды SWorld. 2014. Т. 2. № 4. С. 64—66.
16. **Муравьёва Е.А.** Автоматизированное управление промышленными технологическими установками на основе многомерных логических регуляторов: Автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.13.06. Уфа: Уфимский государственный авиационно-технический университет, 2013.
17. **Муравьёва Е.А.** Автоматизированное управление технологическими установками на основе многомерных логических регуляторов (на примере процессов термообработки). Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2013.
18. **Муравьёва Е.А.** Автоматизированное управление промышленными технологическими установками на основе многомерных логических регуляторов: на примере процессов термообработки: Дис... докт. техн. наук. Уфа: Уфимский государственный авиационно-технический университет, 2013.
19. **Муравьёва Е.А.** Методология автоматизированного управления многосвязными технологическими процессами, реализованная на многомерных чётких логических регуляторах // Материалы Всесоюзной научно-практической конференции «Современные проблемы науки и образования в техническом вузе». Уфа, 2013. С. 102—107.
20. **Об одном подходе к математическому моделированию автоматизированных систем управления технологическими процессами на основе миварных технологий** / Г.С. Сергушин, М.О. Чибирова, О.О. Варламов и др. В кн. Системы и средства искусственного интеллекта. 2013. С. 192—195.
21. **Информационное моделирование сложных систем управления технологическими процессами на основе миварных АСУТП** / Г.С. Сергушин, М.О. Чибирова, О.О. Варламов и др. В кн. Информационная безопасность // Материалы XIII Международной научно-практической конференции, 2013. С. 19—27.
22. **О математическом моделировании автоматизированных систем управления на основе миварных технологий** / Г.С. Сергушин, М.О. Чибирова, О.О. Вар-

- ламов и др. // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям IS IT'13. М., 2013. С. 322—325.
23. **Каяшев А.И., Муравьёва Е.А., Габитов Р.Ф.** Чёткий логический регулятор для управления технологическими процессами. Патент на изобретение RUS 2445669 15.02.2010.
24. **Шишкина А.Ф., Галиев А.Л.** Шумоподавитель для электроакустических систем с линейной дельта-модуляцией // Современные проблемы науки и образования в техническом вузе: Материалы II Международной научно-практической конференции. Уфа, 2015. С. 256—260.
25. **Шишкина А.Ф., Галиев А.Л., Ликонцев А.Н.** Об одном способе подавления шумов в переговорных устройствах // Авиакосмическое приборостроение, 2015. № 10. С. 31—35.

R.S. Kireev, M. I. Sharipov, G. A. Kayasheva

romanych.kireev@yandex.ru, sharipovm@mail.ru, gkaysheva@mail.ru
Sterlitamak branch of Ufa State Petroleum Technological University, Russia

LABORATORY INSTALLATION FOR AUTOMATIC TEMPERATURE CONTROL BY MEANS OF VIJEО CITECT AND PLC MODICON M340

SUMMARY

In the paper it is suggested the development of the laboratory stand for automatic monitoring and control of temperature by means of integrated system Vijeо Citect 7.2 and software environment for PLC programming Unity Pro 7.0.

КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ТРЁХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

АННОТАЦИЯ

В докладе рассматривается авторская моделирующая программа трёхфазного асинхронного двигателя на языке JAVA2. Моделирующая программа используется для виртуальной учебной лаборатории в дисциплине «Электротехника и электроника». В виртуальной лаборатории программа позволяет обеспечить полную индивидуальность заданий, расширить круг исследовательских задач, использовать современные средства обработки информации, подготовки отчётов и контроля результатов.

ВВЕДЕНИЕ

Рассматривается компьютерная модель (КМ) для виртуальной лаборатории, позволяющая исследовать различные режимы работы трёхфазного асинхронного двигателя (ТАД), визуально наблюдать за изменениями электрических и механических параметров состояния ТАД. При переходных режимах в ТАД происходят электромагнитные и электромеханические переходные процессы. При этом длительность электромеханических переходных процессов (измеряется секундами) значительно больше, чем длительности электромагнитных переходных процессов (измеряется десятками долями секунд). Поэтому КМ основана на упрощённом алгоритме, учитывающем электромеханические переходные процессы. В интерфейсе программы имеется возможность выбрать тип двигателя из базы данных, управлять работой ТАД путём задания и регулировки режимных параметров ТАД, получить и вывести на экран персонального компьютера практически полную информацию о параметрах, свойствах, характеристиках и режимах работы ТАД. Использование КМ ТАД в виртуальной лабораторной работе повышает качество и эффективность учебного процесса, так как даёт следующие возможности:

- ускорить освоение студентами эксплуатационных свойств ТАД;
- расширить круг исследовательских задач;
- провести эксперименты, которые невозможны на реальном ТАД (например, в режимах перегрузки или в аварийных режимах);
- провести опыты, которые невозможны в лаборатории из-за отсутствия требуемых специальных электротехнических устройств и измерительных приборов (например, быстрые динамические процессы, опыты с изменением частоты питающего напряжения и др.);

- ускорить эксперимент и повысить его точность, автоматизировать регистрацию и обработку информации, документировать отчет о работе;
- получить и вывести на экран персонального компьютера (ПК) в наглядной форме значительно более полную информацию о параметрах, свойствах, характеристиках и режимах ТАД, чем удастся получить по измерительным приборам на лабораторном стенде;
- активизировать самостоятельную работу студента, предоставив ему свободу выбора программ исследования;
- упростить преподавателю проверку отчёта студента.

1. ИНТЕРФЕЙС ПРОГРАММЫ

Интерфейс программы представляет собой одно графическое окно, разделенное на «зоны»: зона задания исходных данных, зона регулировки режимных параметров, зона управления, зона отображения текущих значений основных режимных параметров, зона отображения графических зависимостей.

Зона задания исходных данных представлена на рис. 1.1. В качестве исходных данных задаются номинальные данные и параметры исследуемого ТАД: мощность, частота вращения, напряжение, частота сети, КПД, коэффициент мощно-

Рис. 1.1. Зона задания исходных данных

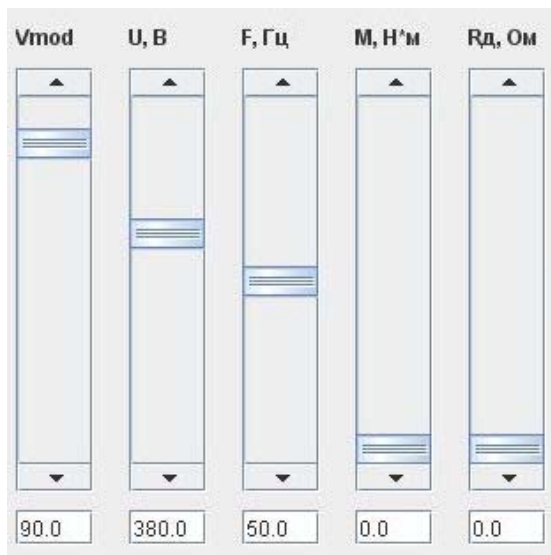


Рис. 1.2. Зона регулировки режимных параметров

сти, кратность максимального момента; кратность пускового момента; эквивалентный момент инерции. Задаются также конструкция ТАД (с фазным ротором или с короткозамкнутым ротором) и схема соединения обмоток ТАД (звезда или треугольник). Зона регулировки режимных параметров представлена на рис. 1.2. В зоне находятся пять регуляторов: скорость моделирования (V_{mod}); напряжение сети (U); частота сети (F); момент сопротивления на валу (M); добавочное сопротивление в цепи ротора (R_d) (доступен только при моделировании ТАД с фазным ротором). Регуляторы предназначены для изменения соответствующих параметров в процессе моделирования или перед началом моделирования.

Регулировка осуществляется ползунками с помощью мыши или вводом значений с клавиатуры в поле ввода.

Зона управления представлена на рис. 1.3. Назначение кнопок:

- «Выбрать параметры из базы данных» — открывается окно с базой данных, в которой пользователь выбирает двигатель с нужными параметрами. Они автоматически записываются в исходные данные. В программе предусмотрены возможности внесения изменений (добавления и редактирования) в базу данных и блокирования базы данных. Внесение изменений будет возможно только при наличии прав пользователя на запись или создание файла в директории программы.

- «Запуск моделирования работы двигателя» — запускается процесс моделирования.

- «Приостановить моделирование процесса» — выполняется приостановка моделирования. После нажатия кнопка изменяет свое название на «Продолжить процесс моделирования».

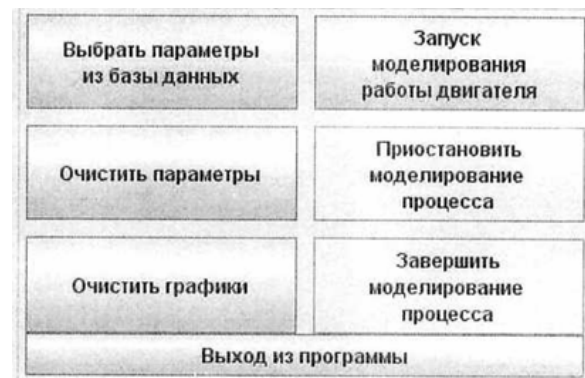


Рис. 1.3. Зона управления

- «Завершить моделирование процесса» — выполняется моментальная остановка процесса моделирования.

- «Очистить графики» — выполняется очистка графиков, в том числе во время процесса моделирования.

- «Очистить параметры» — выполняется удаление параметров из зоны задания исходных данных. Кнопка доступна при незапущенном или завершенном процессе моделирования.

- «Выход из программы» — выполняется завершение работы программы.

Зона отображения текущих значений основных режимных параметров представлена на рис. 1.4. В этой зоне во время моделирования формируются основные электромеханические параметры ТАД: частота сети, скольжение, мощность механическая; мощность электрическая; КПД; напряжение сети; полная мощность; время моделирования; частота вращения ротора; механический момент; электромагнитный момент; добавочное электрическое сопротивление в цепи обмотки фазного ротора; действующее значение тока в обмотке статора; коэффициент мощности. Формируемые значения соответствуют текущему состоянию двигателя, т.е. значениям последней вычисленной итерации.



Рис. 1.4. Зона отображения текущих значений основных режимных параметров

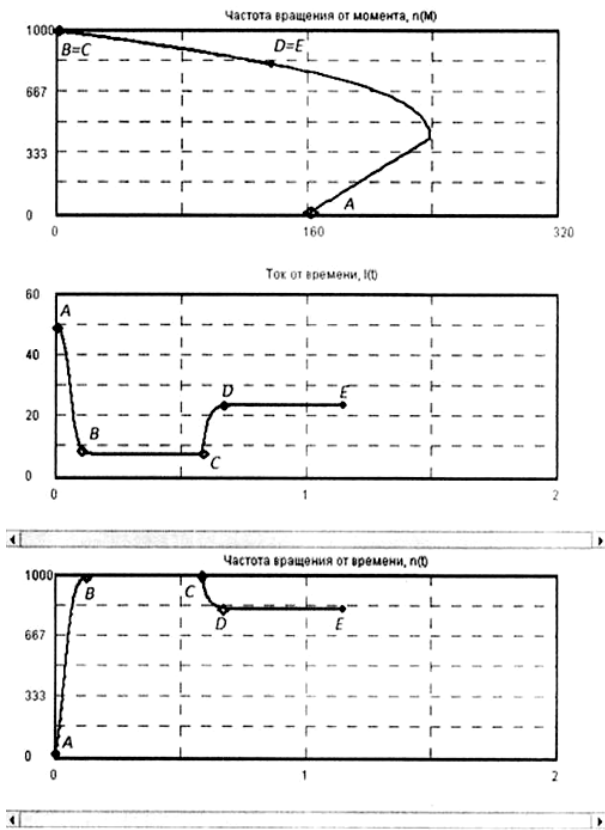


Рис. 1.5. Зона отображения графических зависимостей

Зона отображения графических зависимостей представлена на рис. 1.5.

В данной зоне располагаются три графика:

- частота вращения ротора от момента на валу (механическая характеристика);
- действующий ток в обмотке статора от времени; частота вращения ротора от времени.

Графики строятся в процессе моделирования режимов работы. При построении графиков последняя добавленная точка выделяется чёрным кругом малого радиуса. На одном графике может располагаться до шести зависимостей различных цветов, при большем количестве зависимостей цвета будут повторяться. Координаты любой точки в области графика выводятся на экран при «щелчке» курсором на этой точке, для удобства используются горизонтальная и вертикальная визирные линейки. Для графиков, где по оси абсцисс откладывается t (время), используются полосы прокрутки при продолжительности моделирования процессов более двух секунд.

2. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТАД НА КМ

На рис. 1.5 приведены графики $n(M)$, $I(t)$ и $n(t)$, полученные при моделировании пуска ТАД с короткозамкнутым ротором без нагрузки (тормозной момент на валу двигателя равен нулю) и последующего увеличения момента нагрузки до значения, не превышающего максимальный (критический) момент. В первый момент, когда час-

тота вращения ротора n равна нулю (скольжение $s = 1$), ток в обмотке статора максимальный. При этом возникает большой пусковой момент, под действием которого частота вращения n двигателя начинает увеличиваться. Это приводит к уменьшению скольжения и тока статора (участком AB на графиках). Когда частота вращения достигнет установившегося значения, двигатель перейдёт в установившийся режим работы при холостом ходе (участок BC). Затем увеличен момент нагрузки на валу, что приводит к увеличению тока статора и уменьшению частоты вращения (участок CD), и двигатель переходит к новому установившемуся режиму, когда вращающий момент равен тормозному моменту (участок DE).

С помощью КМ можно исследовать способы регулирования частоты вращения ТАД. На рис. 2.1 приведены механические характеристики $n(M)$ для трёх разных значений частоты подводимого напряжения при условии $U/f = \text{const}$. Из сравнения характеристик следует, что при изменении частоты напряжения максимальный момент остается постоянным, а частота вращения при нагрузке и при холостом ходе изменяется.



Рис. 2.1. Механические характеристики ТАД для разных значений частоты подводимого напряжения при условии $U/f = \text{const}$, полученные на КМ: 1 – $f = f_{\text{ном}}$; 2 – $f_1 < f_{\text{ном}}$; 3 – $f_2 < f_1$

На рис. 2.2 приведены механические характеристики $n(M)$ для трёх разных значений сопротивления регулировочного реостата (R_d) в цепи фазного ротора. Из сравнения характеристик следует, что при изменении сопротивления регулировочного реостата в цепи фазного ротора максимальный момент и частота вращения при холостом ходе остаются постоянными, а частота вращения при нагрузке изменяется.

На рис. 2.3 приведены механические характеристики $n(M)$ для трёх разных значений напряжения источника питания. Из сравнения характеристик следует, что при изменении напряжения источника питания частота вращения при холостом ходе остается постоянной, а частота вращения при нагрузке и максимальный момент изменяются.

На рис. 2.4 приведены в качестве примера графики зависимостей $I(t)$ и $n(t)$, полученные при моделировании прямого пуска асинхронного дви-

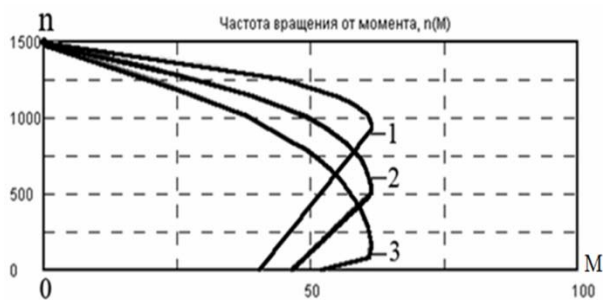


Рис. 2.2. Механические характеристики асинхронного двигателя для разных значений сопротивления регулировочного реостата (R_d) в цепи фазного ротора, полученные на КМ: 1 — $R_d = 0$; 2 — $R_{d1} > 0$; 3 — $R_{d2} > R_{d1}$



Рис. 2.3. Механические характеристики двигателя для разных значений напряжения источника питания, полученные на КМ: 1 — $U = U_{ном}$; 2 — $U_1 < U_{ном}$; 3 — $U_2 < U_1$

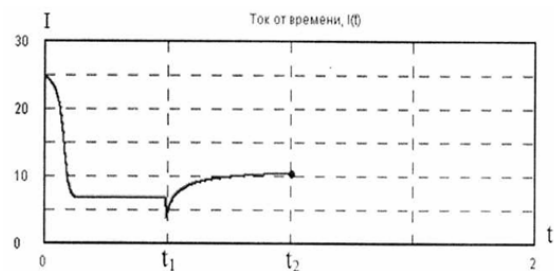


Рис. 2.4. Зависимости $I(t)$ и $n(t)$, полученные при моделировании прямого пуска и регулирования частоты вращения путём изменения напряжения источника питания

двигателя и последующего регулирования частоты вращения двигателя путём изменения напряжения источника питания. В интервале времени от 0 до t_1 происходит прямой пуск двигателя при номинальной нагрузке, затем двигатель переходит в установившийся режим работы, когда $n = \text{const}$. В момент времени t_1 уменьшается напряжение источника питания. При этом в интервале времени $t_1 - t_2$ протекает электромеханический переходный режим, сопровождающийся уменьшением тока статора и частоты вращения, затем ток статора увеличивается до значения большего, чем первоначальное. По окончании переходного процесса наступает новый установившийся режим с меньшей частотой вращения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование КМ при выполнении виртуальной лабораторной работы позволяет исследовать основные эксплуатационные свойства ТАД путём моделирования следующих режимов работы:

- Пуск:
 - при прямом включении в электрическую сеть;
 - при пониженном напряжении питания;
 - при переключении обмоток статора с треугольника на звезду;
 - с помощью пускового реостата в цепи фазного ротора.
- Изменение момента сопротивления на валу.
- Регулирование частоты вращения:
 - изменением напряжения питания;
 - изменением частоты напряжения;
 - включением регулировочного резистора в цепь фазного ротора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киселёв В.И., Кузнецов Э.В. Компьютерные модели в дисциплине «Электротехника и электроника». Программы моделирования электрических машин // Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования — ИНФОРИНО—2012». Издательский дом МЭИ, 2012. С. 455—456.
2. Информатизация образования: направления, средства, технологии / под общ. ред. С.И. Маслова. М.: Издательство МЭИ, 2004.

V.I. Kiselev, E.V. Kuznetsov

KiselevVI@mpei.ru, KuznetsovEV@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

COMPUTERMODEL OF A THREE-PHASE ASYNCHRONOUS MOTOR FOR A VIRTUAL LABORATORY WORK

SUMMARY

The report presents a proprietary JAVA2 simulating program of a three-phase asynchronous motor. The simulating program is used in a virtual university laboratory in discipline "Electrical Engineering and Electronics". In a virtual laboratory the program allows unique individual tasks, extending research range, applying modern means of information processing, preparing reports and result control.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УЧЁТА ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ УЧЕБНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ТЭЦ МЭИ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён разработке и внедрению системы непрерывного контроля и экологического мониторинга вредных выбросов в атмосферу на учебно-экспериментальной ТЭЦ МЭИ. Приводится описание основных элементов данной системы и её информационно-вычислительного комплекса. Показано использование системы в производственных и учебных целях.

ВВЕДЕНИЕ

Контроль и снижение вредных выбросов в атмосферу с дымовыми газами ТЭС является одной из приоритетных задач развития современной теплоэнергетики. Обеспечение экономической и экологической эффективности работы энергетического оборудования невозможно без использования современных средств непрерывного инструментального контроля, позволяющих оценить состав продуктов сгорания и массовые выбросы вредных веществ в атмосферу с дымовыми газами ТЭС [1].

В связи с принятием Федерального закона Российской Федерации от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» в ближайшие годы предусматривается оснащение ТЭС автоматическими средствами непрерывного контроля и учёта вредных выбросов в атмосферу и передачи информации о выбросах загрязняющих веществ в государственный фонд данных государственного экологического мониторинга.

Работы по внедрению автоматизированной системы непрерывного контроля, регулирования, учёта и экологического мониторинга вредных выбросов в атмосферу в районе воздействия энергетического объекта (СНКиМВ) в последние годы ведутся на учебно-экспериментальной ТЭЦ МЭИ как в производственных, так и учебных целях.

1. ОСНОВНЫЕ ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ СНКиМВ

Целью СНКиМВ является организация непрерывного мониторинга и снижение вредных выбросов в атмосферу с дымовыми газами ТЭЦ МЭИ за счёт регулирования процесса сжигания топлива.

Разработка такой системы стала очень актуальна в связи с планируемым ужесточением экологических нормативов, повышением платы за выбросы и введением чётких регламентов отчётности по выбросам. Концепция СНКиМВ для

тепловых электрических станций заключается в организации инструментального контроля и учёта объёмов выбросов в атмосферу, обеспечении их снижения за счёт регулирования процесса сжигания топлив в паровых и водогрейных котлах и оптимизации рабочих режимов. При этом также реализуется мониторинг качества атмосферного воздуха в районе ТЭС. Таким образом, итоговой целью СНКиМВ является последовательное снижение негативного воздействия тепловых электрических станций на окружающую среду и уменьшение платы за вредные выбросы в атмосферу (экоплатежей).

Созданная автоматизированная система позволяет решать следующие задачи:

- осуществлять непрерывный инструментальный контроль и учёт вредных выбросов в атмосферу паровым котлом ТЭЦ МЭИ;
- снижать объём вредных выбросов в атмосферу за счёт регулирования режимов сжигания природного газа;
- контролировать приземные концентрации вредных выбросов в районе воздействия ТЭЦ МЭИ и организовывать режимы сжигания топлива в соответствии с фактическими процессами рассеивания вредных примесей в районе Лефортово г. Москвы;
- оценить экологическую ситуацию в прилегающем к ТЭЦ районе в течение суток, недели и более длительного периода (оценить влияние транспортного трафика, влияние погодной ситуации, времени года, вклад различных предприятий – источников выбросов);
- оценить вклад ТЭЦ МЭИ в загрязнение воздушного бассейна района Лефортово г. Москвы;
- сопоставить и уточнить расчётные и экспериментальные методики рассеивания вредных выбросов от источников загрязнения (ТЭЦ МЭИ);
- обучать студентов и проводить курсы повышения квалификации специалистов на действующем оборудовании.

2. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ СНКиМВ НА ТЭЦ МЭИ

Основу СНКиМВ ТЭЦ МЭИ составляют установленные на котле БМ-35 РФ (БКЗ-50-40-440ГМ) системы инструментального контроля и регулирования процесса сжигания. Для этого в различных сечениях газового тракта котла установлены измерительные комплексы для контроля

содержания O_2 , CO , CO_2 , H_2O , NO и NO_2 в продуктах сгорания а также для определения скорости потока дымовых газов и их расхода (рис. 1).



Рис. 1. Установка измерительных систем на котле

Отличительной особенностью этого проекта является то, что текущие данные по концентрациям вредных выбросов используются не только для контроля и учёта вредных выбросов в атмосферу, но и для контроля и регулирования процесса сжигания топлива. С этой целью, кроме указанных измерительных комплексов, котёл был оборудован системой регулирования подачи топлива и воздуха по горелкам для реализации малоэмиссионных режимов сжигания природного газа. Настройка таких режимов работы котла осуществляется в соответствии с фактическими данными по содержанию вредных продуктов сгорания в дымовых газах.

Кроме того, предполагается в будущем настраивать работу котла не только по этим данным, но и по результатам рассеивания дымовых газов на прилегающих к ТЭЦ МЭИ территориях. Это особенно актуально, например, при объявлении неблагоприятных метеоусловий (НМУ) с учётом того, что ТЭЦ МЭИ расположена в районе густых жилых и учебных застроек.



Рис. 2. Схема расположения метеостанций на прилегающей территории

На заключительном этапе внедрённая система непрерывного контроля и регулирования вредных выбросов была дополнена системой экологического мониторинга атмосферного воздуха в районе Лефортово (г. Москва) — в районе расположения ТЭЦ МЭИ. Система экологического мо-

нитинга включает в себя четыре стационарные метеостанции (рис. 2), регистрирующие параметры атмосферного воздуха (температуру, давление, влажность, концентрации присутствующих вредных веществ, скорость и направление ветра) в районе воздействия ТЭЦ.

3. ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС СНКиМВ

Работой автоматизированной системы управляет специально разработанный информационно-вычислительный комплекс (ИВК). Для повышения эффективности контроля и регулирования технологического процесса в рамках внедрения СНКиМВ на ТЭЦ МЭИ была реализована SCADA система. Устаревшие датчики были заменены на современные приборы, имеющие аналоговый или цифровой выход. В качестве программного обеспечения в системе мониторинга характеристик работы котла используется продукция фирмы ADASTRA — SCADATraceModeDokMPB+ на 255 каналов измерений. Система SCADATraceMode — это единая интегрированная среда разработки проектов АСУ ТП.

Первичные преобразователи или датчики, установленные в различных местах газового, пароводяного, топливо-воздушного трактов котла регистрируют постоянно изменяющийся аналоговый сигнал (температуру, давление, расход, и т.п.). Отдельным комплексом датчиков выступают газоанализаторы и газоаналитические системы. Регистрируемые данные поступают на сервер ТЭЦ, на котором также установлено программное обеспечение автоматизированной системы. Все первичные преобразователи по умолчанию имеют установленный OPS (Object Linking and Embedding for Process Control)-сервер, обеспечивающий единый интерфейс для управления объектами автоматизации и технологическими процессами.

На рис. 3 представлено основное окно программы, предназначенное для вывода всех измеряемых экологических параметров в реальном времени. В левой части экрана расположена сводная таблица, в которой приведены текущие значения концентраций газов (CO , O_2 , NO_2 , H_2S , SO_2 , CO_2) на каждой из четырёх измерительных станций. В правой верхней части экрана для каждой станции приведены текущие значения метеорологических параметров (направлении и скорости ветра, атмосферное давление, температура и относительная влажность воздуха).

«Архив» программного комплекса (рис. 4) позволяет просматривать ранее записанные данные и экспортировать их в табулированный текстовый файл. В левой части экрана находятся графики различных экологических параметров, на каждом графике показано изменение одного параметра за выбранный промежуток времени, раз-

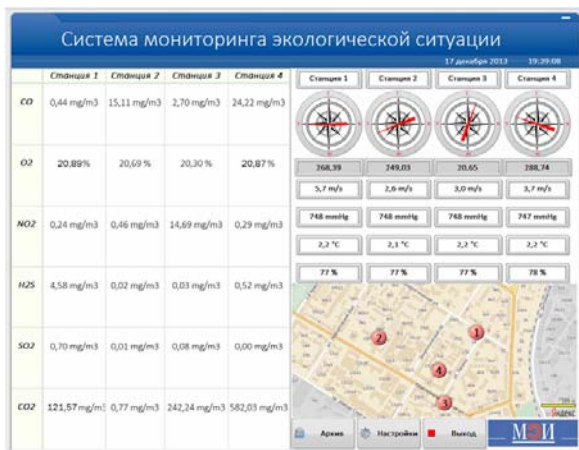


Рис. 3. Интерфейс системы мониторинга экологической ситуации

ным цветом обозначены значения на разных измерительных станциях. В правой части экрана находится список всех измеряемых параметров, с помощью которого можно выбрать графики измеряемых параметров для отображения в данный момент.

Создание единой автоматизированной системы непрерывного контроля, регулирования, учёта и экологического мониторинга вредных выбросов в атмосферу в районе воздействия ТЭЦ МЭИ (СНКиМВ) существенно расширило круг научных исследований и спектр выполняемых лабораторных работ.

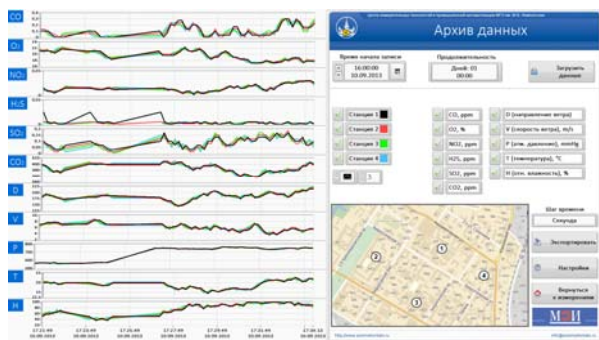


Рис. 4. Окно архива программы экологического мониторинга

Расчётные исследования по рассеиванию вредных выбросов ТЭЦ МЭИ в атмосферу проводятся с помощью унифицированной программы расчёта загрязнения атмосферы «Эколог» разработанной на базе методики расчёта ОНД-86. В процессе адаптации программы «Эколог» в неё была включена база данных с реальной застройкой района Лефортово. Пример расчёта рассеивания вредных выбросов из трубы ТЭЦ МЭИ с учётом реальной застройки представлены на рис. 5.

4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СНКиМВ В УЧЕБНЫХ ЦЕЛЯХ

СНКиМВ ТЭЦ МЭИ выполняет ещё одну очень важную — образовательную — функцию и активно используется в учебном процессе. НИУ «МЭИ» всегда был и остаётся главным универ-

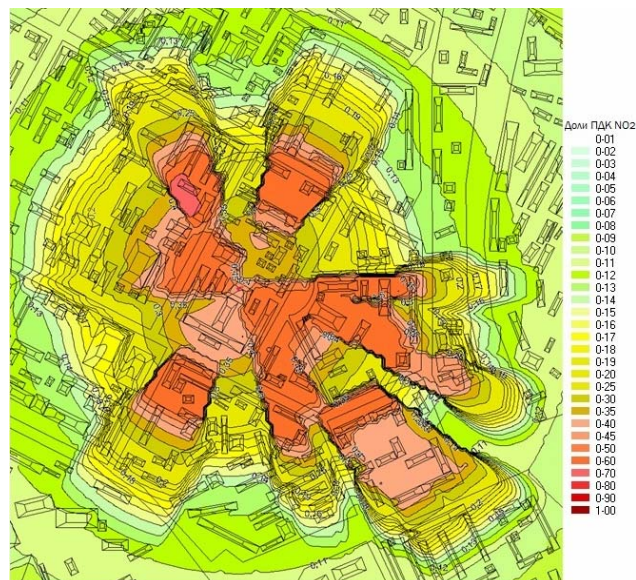


Рис. 5. Картина рассеивания NO₂ из трубы ТЭЦ МЭИ при опасной скорости ветра различных направлений с учётом реальной застройки

ситетом страны, готовящим специалистов для энергетики. Наличие в составе университета единственной в России учебно-экспериментальной ТЭЦ, на действующем оборудовании которой проводятся учебные занятия, позволяет существенно повысить уровень теоретической и практической подготовки студентов.

В этой связи ТЭЦ МЭИ строилась как учебно-экспериментальная теплоэлектроцентраль. На ТЭЦ на базе действующего основного и вспомогательного энергетического оборудования установлены и функционируют современные лабораторные стенды, на которых студенты различных направлений подготовки под руководством преподавателей выполняют лабораторные работы по изучению реальных режимных и технико-экономических характеристик технологического процесса производства тепловой и электрической энергии

Важной особенностью организации системы экологического мониторинга на ТЭЦ МЭИ является возможность практического обучения студентов работе как со станциями мониторинга окружающей среды, так и с постами производственного мониторинга конкретного источника выбросов, а также возможность проведения научных исследований с выделением фоновых концентраций загрязнений и учётом их при проведении расчётов приземных концентраций для анализа влияния объектов энергетики на состояние атмосферного воздуха в регионе. Информацию, получаемую в процессе работы станций экологического мониторинга, планируется размещать в открытом доступе на портале МЭИ для информирования населения об экологической обстановке в районе и экологических показателях работы ТЭЦ МЭИ.

Системы непрерывного контроля и обработки сигналов позволяют выводить на мониторы, установленные в учебных лабораториях специализирующих кафедр, мнемосхемы технологического процесса и его фактические параметры в режиме реального времени (рис. 6), которые используются при проведении практических занятий и лабораторных работ. Это позволило оптимизировать учебный процесс, охватить большую целевую аудиторию.

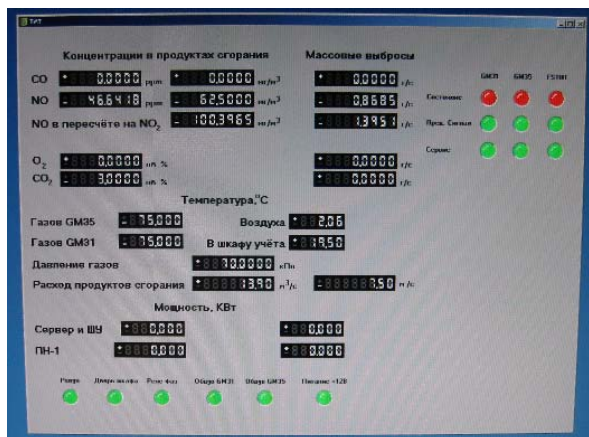


Рис. 6. Контроль состава дымовых газов

С помощью данной автоматизированной системы проводятся различные испытания котла и лабораторные работы в рамках нескольких учебных дисциплин (например, «Экология», «Технологии сжигания органического топлива», «Паровые котлы», «Методы защиты окружающей среды»), а также повышение квалификации специалистов в области экологии энергетики на действующем оборудовании

Ближайшая задача дальнейшего развития СНКиМВ ТЭЦ МЭИ — организация непрерывных расчётов рассеивания дымовых газов в атмосфере на базе фактических инструментальных данных по выбросам вредных веществ через дымовую трубу и текущих атмосферных условий.

Результаты этих расчётов также предполагается размещать на специальном сайте как для учебных целей, так и для информирования общественности о текущем состоянии окружающей среды в районе непосредственного воздействия ТЭЦ МЭИ.

Положительным аспектом функционирования СНКиМВ на ТЭЦ МЭИ является то, что студенты, будущие энергетики и экологи, уже в процессе обучения реально знакомятся и изучают принципы и функционирование подобных систем на действующем энергетическом объекте.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Созданная на ТЭЦ МЭИ система непрерывного контроля, регулирования и экологического мониторинга вредных выбросов в атмосферу направлена на снижение загрязнения атмосферного воздуха и позволяет регулировать вредные выбросы ТЭЦ с учётом атмосферных условий, влияющих на рассеивание дымовых газов в районе воздействия станции, путём организации малотоксичных режимов сжигания топлива.

Данная комплексная автоматизированная система, несмотря на небольшую установленную мощность ТЭЦ (10 МВт), является практически точным аналогом СНКиМВ для реальной крупной тепловой электростанции

Накопленный опыт внедрения и эксплуатации СНКиМВ обеспечит их более широкое внедрение на российских ТЭС, что в итоге приведёт к ограничению промышленного загрязнения атмосферного воздуха.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Росляков П.В., Кондратьева О.Е. Системы непрерывного контроля и регулирования вредных выбросов ТЭС. – Saarbrücken (Deutschland), LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015 (ISBN: 978-3-659-40937-0).
2. Контроль вредных выбросов ТЭС в атмосферу / под ред. П.В. Рослякова. М.: Издательство МЭИ, 2004.

O.E. Kondrateva, P.V. Roslyakov

KondratyevaOYe@mpei.ru; RoslyakovPV@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

AUTOMATED EMISSION CONTROL SYSTEM FOR MPEI PRODUCTION-AND-TRAINING HPP

SUMMARY

The report is devoted to the development and implementation of a continuous emission control and monitoring system at training-experimental heat and power plant of MPEI. A description of the main elements of the system and its information and computing complex is given. The system using for production and training purposes is shown.

ИЗУЧЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ С ПРЕДИКТОРОМ СМИТА В SUMULINK

АННОТАЦИЯ

В докладе рассматривается лабораторная работа, посвящённая изучению АСР с предиктором Смита и одним из типовых линейных алгоритмов регулирования. Лабораторная работа входит в курс «Теория автоматического управления». Моделирование выполняется в пакете Simulink. Показан порядок выполнения работы, описаны возможные элементы исследовательских задач, а также умения и навыки, получаемые и закрепляемые студентами.

ВВЕДЕНИЕ

В курсе «Теория автоматического управления» студенты выполняют цикл лабораторных работ в пакете Simulink, связанных с изучением элементарных звеньев, получением временных и частотных характеристик линейных динамических систем, исследованием автоматических систем регулирования (АСР) с типовыми линейными алгоритмами регулирования. Выбор Simulink связан с обширными возможностями и распространённостью этого пакета в области моделирования систем управления. С целью расширения кругозора студентов, а также закрепления навыков моделирования динамических систем в среде Simulink, расчёта АСР с типовыми алгоритмами регулирования на заданный запас устойчивости и навыков аппроксимации полученных экспериментально переходных характеристик, а также для стимулирования творческого подхода к заданиям и самостоятельной исследовательской деятельности предлагается дополнить курс лабораторной работой по АСР с одним из типовых алгоритмов регулирования (ПИ или ПИД) и предиктором Смита. Данная лабораторная работа рассчитана на четыре часа аудиторной работы и может выполняться всеми студентами или использоваться как расширенный вариант работы по АСР с ПИ-или-ПИД регуляторами для хорошо успевающих студентов, склонных к исследовательской деятельности и проявляющих повышенный интерес к курсу «Теория автоматического управления», что позволяет обеспечить индивидуальный подход и учёт склонностей обучаемых.

1. ПОДГОТОВКА СТУДЕНТА К РАБОТЕ

Предиктор Смита, позволяющий повысить качество регулирования в АСР с объектами с запаздыванием, описан во многих источниках [1]. Структурная схема АСР с предиктором Смита представлена на рис. 1.

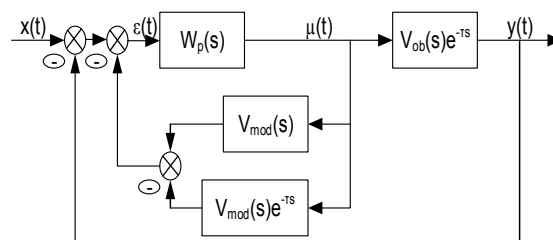


Рис. 1. Структурная схема АСР с предиктором Смита

В состав АСР с предиктором Смита входит в том числе модель объекта, при этом в реальности модель (по которой рассчитываются параметры настройки регулятора) всегда получается с некоторой погрешностью, свойства же собственно объекта неизвестны. В связи с этим в рамках рассматриваемой лабораторной работы предлагается смоделировать ситуацию, максимально приближенную к реальности. У преподавателя, проводящего цикл лабораторных работ, имеется библиотека исходных данных, например переходных характеристик, на которые наложена помеха, а также параметров объектов, для которых получены эти характеристики. Студент получает в качестве исходных данных только график «зашумлённой» переходной характеристики, по которому получает модель объекта и выполняет все расчёты. Пример исходных данных приведён на рис. 2. Так как получить описанные переходные характеристики в Simulink очень просто, обновление исходных данных можно выполнять с любой необходимой частотой.

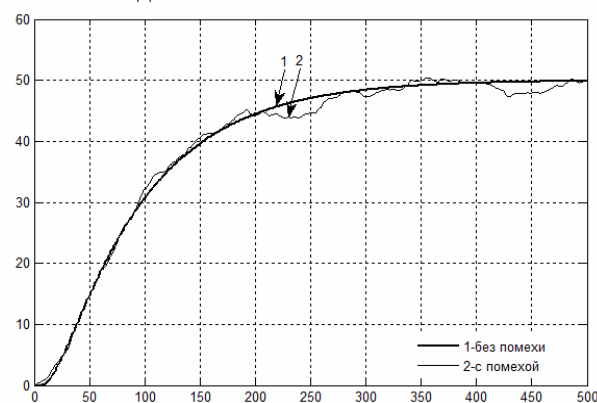


Рис. 2. График переходной характеристики объекта

Таким образом, модель объекта определяется в условиях, приближенных к реальным. Для объекта, характеристика которого приведена на рис. 2, модель принимается в виде передаточной функции объекта второго порядка с запаздыванием

$$W_{\text{мод}}(s) = \frac{K_{\text{мод}} e^{-\tau_{\text{мод}} s}}{(T_{1\text{мод}} s + 1)(T_{2\text{мод}} s + 1)}$$

где $W_{\text{мод}}(s)$ — передаточная функция модели объекта; $K_{\text{мод}}$ — коэффициент передачи модели объекта; $T_{1\text{мод}}$ и $T_{2\text{мод}}$ — постоянные времени модели объекта; $\tau_{\text{мод}}$ — время запаздывания модели объекта. Численные значения параметров модели объекта рассчитываются по обычной методике, приведённой в [2] — визуально находится точка перегиба, проводится касательная к графику в этой точке и т.д. Структура модели объекта может задаваться преподавателем (при этом упрощается задача студента и проверка полученных им результатов), или можно предоставить студенту самому выбрать вид модели, при этом задачи и преподавателя и студента несколько усложняются, однако в работе появляются исследовательские элементы.

Также при домашней подготовке рассчитываются параметры настройки применяемого алгоритма регулирования (ПИ или ПИД). Метод расчёта настроек (при ограничении на корневой или частотный показатель колебательности и т.д.), критерий оптимальности и т.д. могут быть заданы преподавателем или выбраны студентом. Таким образом, даже небольшая библиотека графиков переходных характеристик (5 графиков) позволяет обеспечить индивидуальными заданиями до двадцати студентов.

3. РАБОТА СТУДЕНТА В ЛАБОРАТОРИИ

После коллоквиума по допуску к лабораторной работе студенты получают от преподавателя «истинные» параметры объекта. Их они используют при моделировании собственно объекта, в то время как полученные при домашней подготовке параметры объекта используются при моделировании предиктора Смита. Во время лабораторной работы студенты получают переходные процессы в АСР с заданным алгоритмом регулирования при изменении задания и при единичном

ступенчатом возмущении, поданном на вход объекта по каналу регулирующего воздействия. Аналогичные переходные процессы затем получают для АСР с заданным алгоритмом регулирования и предиктором Смита, далее находят показатели качества работы АСР и сравнивают их для обоих рассматриваемых случаев.

В рамках выполнения данной лабораторной работы также возможны элементы самостоятельной исследовательской работы, например, хорошо успевающим студентам можно предложить проварьировать в большую или меньшую сторону один из параметров настройки рассматриваемого алгоритма регулирования (или все параметры поочередно), чтобы выяснить, как в данном случае влияет изменение параметров настройки, как добиться уменьшения время регулирования и как при этом изменятся другие показатели качества и т.д. Для удобства анализа полученные результаты можно свести в таблицу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанная лабораторная работа позволяет проводить занятие достаточно гибко с учётом склонностей и способностей обучаемых. С одной стороны, данная лабораторная работа может быть сведена к отработке и закреплению типовых методов расчёта параметров модели объекта и параметров настройки регулятора, а также приёмов моделирования в Simulink. С другой — можно поставить перед студентом небольшую исследовательскую задачу, требующую применения творческого мышления. Кроме того, с возможностями пакета Simulink можно разнообразно изменять не только параметры, но и структуру системы, что позволяет решать достаточно интересные задачи даже в рамках стандартного лабораторного занятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Денисенко В. ПИД-регуляторы: принципы построения и модификации // Современные технологии автоматизации. 2006. № 4. С. 66—74.
2. Ротач В. Я. Теория автоматического управления. М.: Издательский дом МЭИ, 2008.

V.F. Kuzischin, E.I. Merzlikina, Hoang Van Va

KuzischinV@yandex.ru; MerzkikinaYI@mpei.ru; Hoangvatdh@gmail.com
National Research University Moscow Power Engineering Institute, Moscow

STUDY OF ACS WITH SMITH PRIDICTOR IN SIMULINK

SUMMARY

This paper considers a laboratory work dealing with an ACS with Smith predictor and one of the typical linear control algorithms. This laboratory work is a part of the course of “Theory of automatic control”. The simulation is carried out in Simulink. The paper describes the order of the laboratory work, pstrossible research elements and skills and knowledge that students can obtain and reinforce.

ЛАБОРАТОРИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН В MATLAB SIMULINK ДЛЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА»

АННОТАЦИЯ

Доклад представляет комплекс программ в среде MatLab Simulink, которые подготовлены автором для проведения виртуальных лабораторных работ в разделе «Электрические машины» дисциплины «Электротехника и электроника» при подготовке бакалавров неэлектротехнических направлений. Программы имеют интерфейсы, содержащие электрические схемы с регулирующими и измерительными устройствами и позволяющие исследовать пусковые и стационарные режимы двигателя постоянного тока, асинхронного трёхфазного двигателя, синхронного генератора. Используются компоненты библиотек Simulink и SimPowerSystems.

ВВЕДЕНИЕ

Учебная виртуальная лаборатория в определенных условиях способна составить серьезную конкуренцию реальной лаборатории по многим причинам. Дисциплина «Электротехника и электроника» содержит раздел «Электрические машины», в котором изучаются основные типы машин постоянного и переменного тока. В лаборатории кафедры электротехники и электроники (как и в других вузах) установлены 8 универсальных стендов ИВ-4, на которых размещены органы управления и измерители для всех изучаемых машин. Это создает трудности в выполнении экспериментов. На всех стендах установлены одинаковые машины. Поэтому практически невозможно дать каждой бригаде студентов индивидуальные задания. Трудности возрастают из-за низкой точности измерений, неисправностей оборудования, связанных с его износом.

Виртуальная лаборатория имеет по перечисленным позициям существенные достоинства. Для лаборатории электрических машин на кафедре разработаны и используются авторские программы на языках высокого уровня (VisualBasic, Delfhi, Java2). Разработка и сопровождение этих программ оказались весьма трудоёмкими. Значительно проще подготовить программы-приложения в MatLab Simulink, используя готовые структурные модели электрических машин из раздела SimPowerSystems и дополнительные компоненты из базового раздела Simulink. Преподаватель может изменить схему в приложении, исключая или добавляя компоненты. Студенты, согласно варианту индивидуального задания, задают параметры машины и проводят эксперименты в заданных интервалах режимных параметров.

Результаты каждого опыта студенты документируют, готовя скриншоты экранов или их частей в файлах отчётов (MSWord, MathCAD), и проводят необходимую обработку результатов измерения. Электронный отчёт по выполненной работе содержит документы по каждому опыту, которые легко проверяются преподавателем. Несомненным достоинством моделей в Simulink является наглядная связь органов управления машиной, электрической схемы и измерительных приборов.

Для организации подобных занятий в виртуальной лаборатории электрических машин необходим компьютерный класс с установленными пакетом программ MatLab+Simulink и приложениями с программами-моделями стендов для каждой лабораторной работы. Для выполнения работ вполне подходят сценарии и содержания, разработанные для реальной лаборатории.

1. ДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА (DCM)

На рис. 1 приведён скриншот монитора со схемой модели лабораторной работы. DC_Motor — модель двигателя независимого возбуждения из раздела *SimPowerSystems*.

Представленная модель позволяет получить:

- 1) естественную механическую характеристику $n(M)$ на рис. 2) после пуска в режиме холостого хода с последующей нагрузкой до $M_{ном}$;
- 2) искусственные механические характеристики при заданных токах возбуждения I_B ;
- 3) полюсное регулирование $n(I_f)$ при заданном M ;
- 4) якорное регулирование $n(U_a)$ при заданном M .

На рис. 2 приведены осциллограммы, полученные в опыте 1.

2. ТРЁХФАЗНЫЙ АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ (ТАД)

Модель ТАД содержит готовые элементы раздела PSB (трёхфазный источник, асинхронный двигатель) и элементы раздела Simulink (рис. 3).

Модель позволяет следующее.

1. Провести пуск ТАД в режиме холостого хода и получить осциллограммы зависимостей действующего тока фазной обмотки статора, электромагнитного момента, частоты вращения ротора, момента нагрузки и мгновенных фазных напряжений от времени.

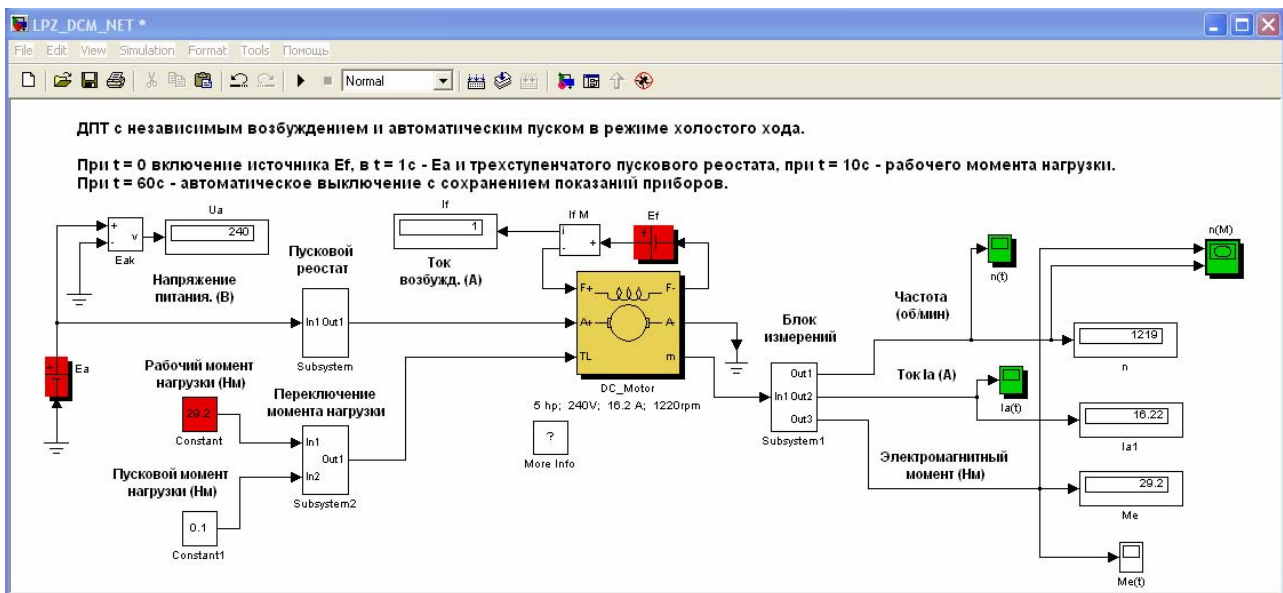


Рис. 1. Дисплеи “ n ”, “ IaI ”, “ Me ” показывают значения величин на финише ($t = 60$ с)

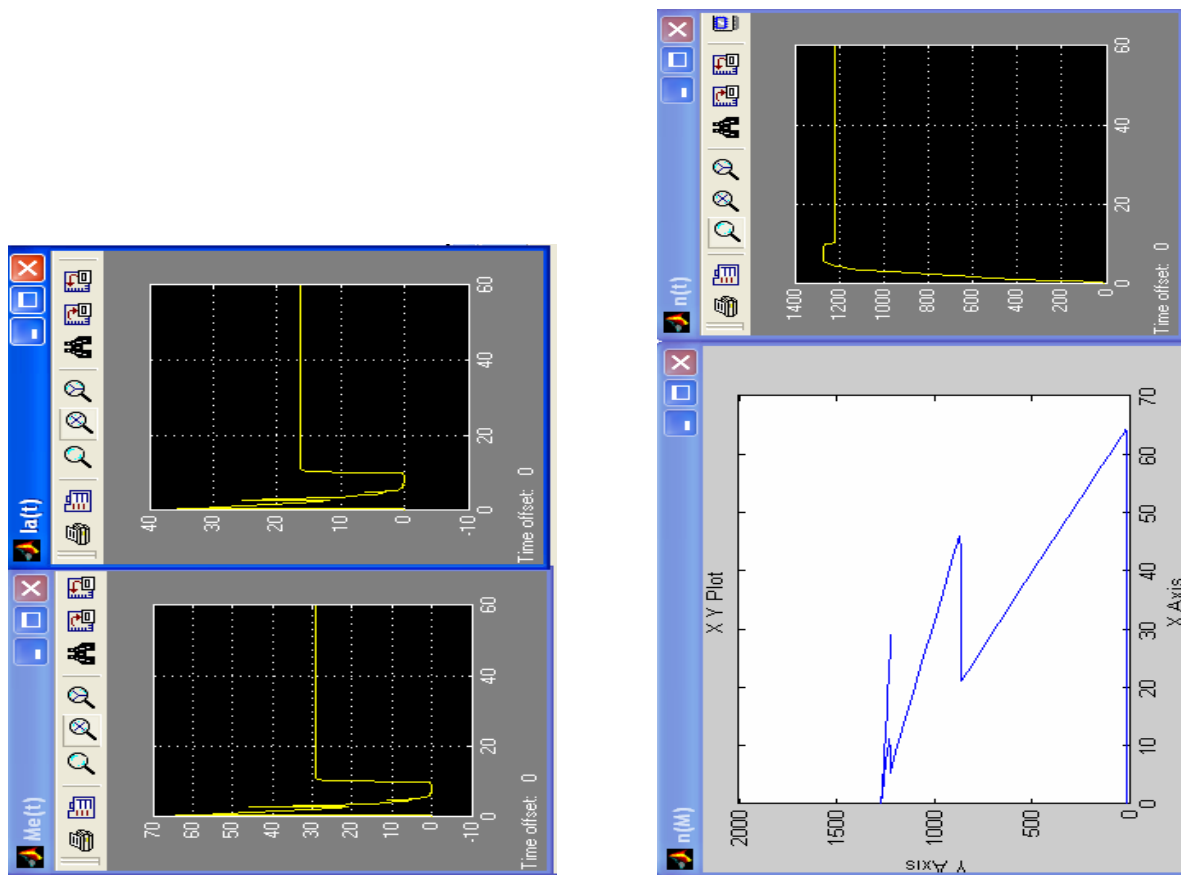


Рис. 2. Результаты моделирования

2. Получить естественную (динамическую) механическую характеристику ТАД на рабочем участке.

3. Получить значения тока статора, электромагнитного момента, частоты вращения, электрической и механической мощностей двигателя для построения рабочих характеристик.

4. Провести регулирование частоты вращения ротора изменением напряжения сети (амплитуды и/или частоты).

3. ТРЁХФАЗНЫЙ СИНХРОННЫЙ ГЕНЕРАТОР В МОЩНОЙ СЕТИ (ТСГ)

Модели ТСГ содержат готовые элементы раздела PSB (трёхфазный источник, синхронную машину, трёхфазный приёмник) и элементы раздела Simulink (рис. 5).

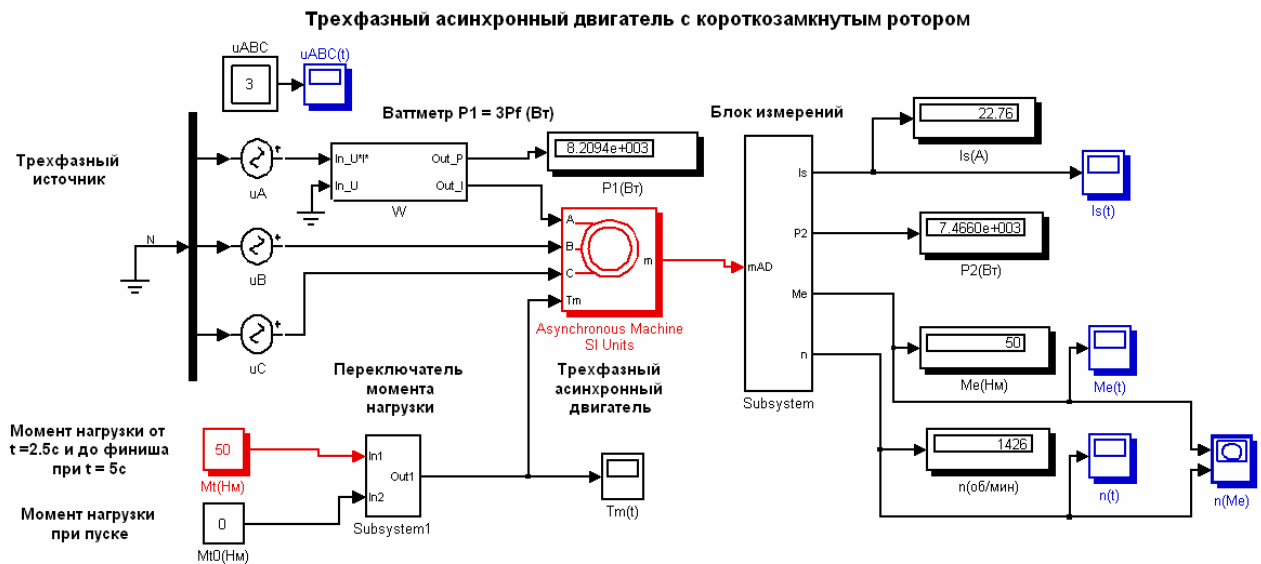


Рис. 3. Модель ТАД в MatLab Simulink для виртуальной лабораторной работы

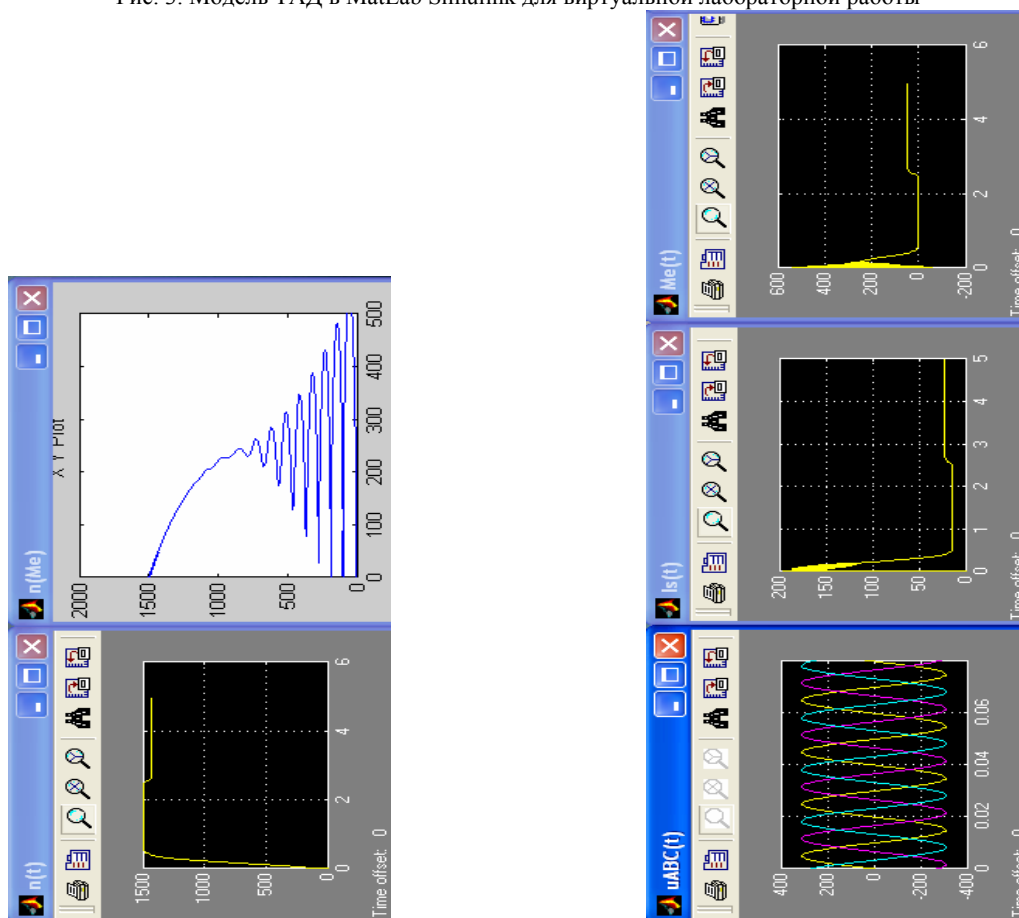


Рис. 4. Оциллограммы к ТАД

Модель позволяет провести опыты для

1. Получения V-образных характеристик СГ $I_{ст}(I_p, P)$ и зависимостей коэффициента мощности $\lambda(I_p, P)$.

2. Получения угловых характеристик $P(\theta, I_p)$.

3. Изучения режима компенсатора.

Для изучения процесса настройки СГ перед подключением его к мощной сети подготовлена

также модель СГ, работающего в автономном режиме.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пакет моделирующих программ MatLab Simulink позволяет подготовить приложения для виртуального лабораторного практикума для изучения классических электрических машин.

Синхронный генератор ($p=2$, $f=50$ Гц). Работа в мощной сети.

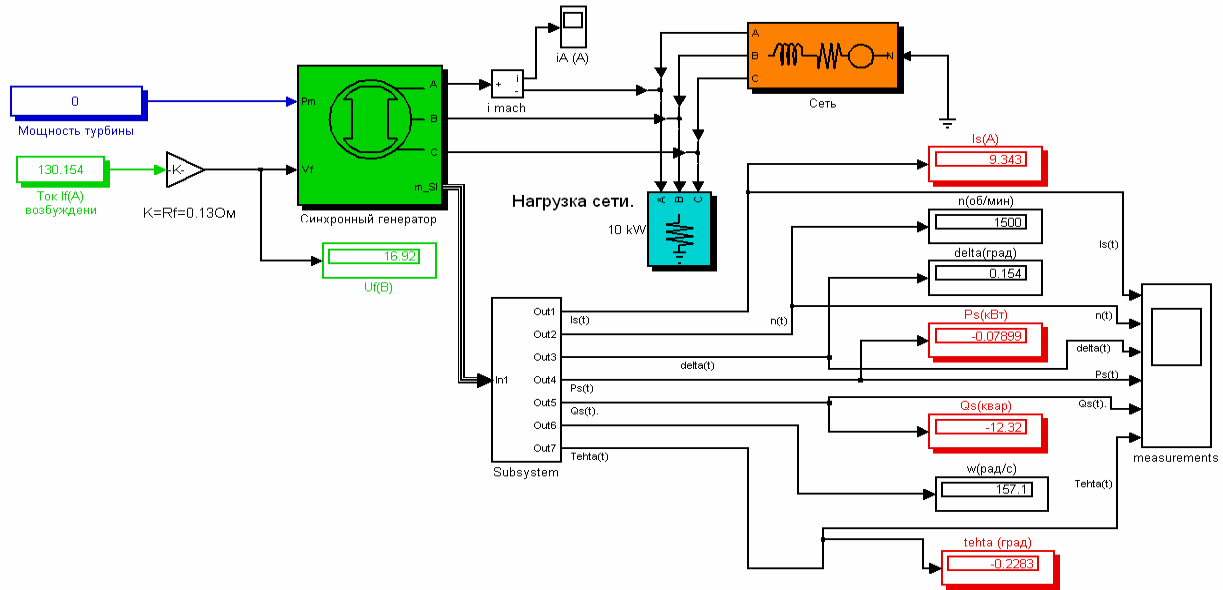


Рис. 5. Модель ТСГ

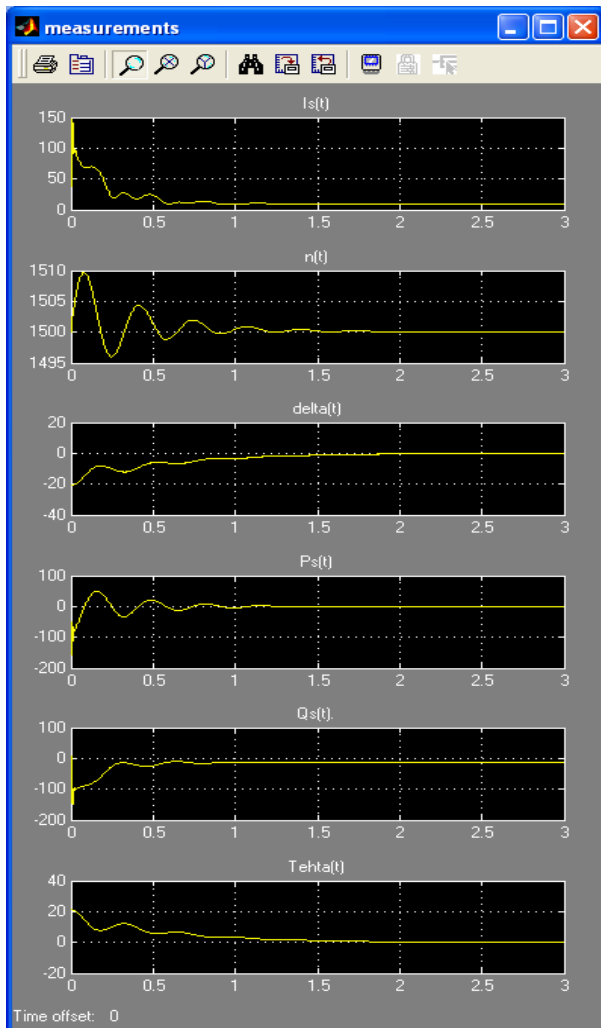


Рис. 6. Осциллограммы для режима компенсации реактивной мощности

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киселёв В.И., Кузнецов Э.В. Компьютерные модели в дисциплине «Электротехника и электроника». Программы моделирования электрических машин // Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования — ИНФОРИНО—2012». Издательский дом МЭИ, 2012. С. 455—456.
2. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MatLab. SimPowerSystems и Simulink.- М.: ДМК Пресс, 2014. 288 с. (Серия «Проектирование»).

E.V. Kuznetsov

KuznetsovEV@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

I LABORATORY OF ELECTRICAL MACHINES IN MATLAB SIMULINK FOR ELECTRICAL AND ELECTRONICS DISCIPLINE

SUMMARY

The report is a set of programs in MatLab Simulink prepared by the author for conducting virtual labs in the section "Electric machines" discipline "Electrical and electronics" by preparation of bachelors, not electrical fields. Programs have interfaces, containing electric circuits with regulating and measuring devices and allows you to explore starting and stationary modes of a DC motor, three-phase asynchronous motor, synchronous generator. Used library components Simulink and SimPowerSystems.

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ КОМПЬЮТЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены основные принципы компьютерного моделирования в системе MathCAD для проведения вычислительного эксперимента по визуализации и изучению параметров электростатических полей, создаваемых системой зарядов. Показана необходимость использования вычислительного эксперимента в рамках образовательного процесса по техническим специальностям.

ВВЕДЕНИЕ

Современные образовательные стандарты предъявляют требования к выпускникам технических специальностей как в области знаний основных физических законов окружающего мира, так и во владении ими компьютерными технологиями и их применении при решении различных задач. Прогресс в развитии средств вычислительной техники приводит к активному внедрению в инженерную практику вычислительного эксперимента (ВЭ). Данные ВЭ часто оказываются более достоверными, содержательными и наглядными и всегда менее дорогостоящими, чем данные натурных испытаний. Это не отрицает основополагающую роль физического эксперимента, однако методика проведения ВЭ должна найти своё место в учебном процессе по техническим специальностям в качестве промежуточного звена между натурным экспериментом и аналитическим исследованием.

1. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В РАМКАХ ОБЩЕГО КУРСА ФИЗИКИ

Все студенты технических специальностей МЭИ изучают общий курс физики, в частности раздел «Электростатика». Одна из наиболее показательных лабораторных работ — исследование электростатических полей с помощью электролитической ванны. В этой работе студенты поточно строят эквипотенциали, а затем вручную — силовые линии электростатического поля, созданного двумя заряженными объектами. Основным недостатком работы — ограниченное количество видов электродов.

Как существенное дополнение к данной работе может рассматриваться компьютерная лабораторная работа по векторному анализу и графическому представлению электростатических полей, созданных произвольным числом заряженных тел и их различной конфигурацией.

2. ПРИНЦИПЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В СИСТЕМЕ MATHCAD

Согласно принципу суперпозиции напряжённость и потенциал электростатического поля, создаваемого системой зарядов, получаются путём суммирования напряжённостей и потенциалов, создаваемых каждым из зарядов в отдельности. Однако напряжённость — векторная величина, а потенциал — скалярная. Поэтому с точки зрения математического моделирования удобнее задать в качестве базовой функцию распределения потенциала $\varphi(x, y, z)$. С учётом дифференциальной связи напряжённости и потенциала

$$\mathbf{E} = -\text{grad } \varphi \quad (1)$$

для расчёта функции напряжённости применяем встроенный в MathCAD оператор дифференцирования. Поскольку система MathCAD позволяет строить графики только функций одной или двух переменных, для построения графиков необходимо выбрать плоскость $z = z_0$, в которой и строится график линий уровня скалярной функции потенциала $\varphi_0(x, y) = \varphi(x, y, z_0)$ и векторное поле напряжённости исходя из соотношения (1):

$$\begin{aligned} E_{0x}(x, y) &= -\frac{d}{dx} \varphi_0(x, y); \\ E_{0y}(x, y) &= -\frac{d}{dy} \varphi_0(x, y). \end{aligned} \quad (2)$$

Далее составляется вектор напряжённости в плоскости $z = z_0$ из вычисленных компонент (2):

$$\mathbf{E}_0(x, y) = \begin{pmatrix} E_{0x}(x, y) \\ E_{0y}(x, y) \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Основным недостатком данного способа — отсутствие аналитического выражения функции напряжённости, но он компенсируется отсутствием необходимости использовать векторные операции, а характеристики современных компьютеров позволяют вычислять производные даже относительно сложных функций в течение нескольких секунд.

3. ПРИМЕР КОМПЬЮТЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ СИСТЕМЫ ТОЧЕЧНЫХ ЗАРЯДОВ

Рассмотрим систему из четырёх точечных зарядов, находящихся в вершинах квадрата со стороной $a = 1$ см в плоскости $z_0 = 0$. Тогда, выбрав начало координат в центре квадрата, получим выражение для потенциала i -го заряда:

$$\varphi_i(x, y, z) = \frac{Q_i}{4\pi\epsilon_0 \sqrt{\left(x \pm \frac{a}{2}\right)^2 + \left(y \pm \frac{a}{2}\right)^2 + z^2}} \quad (4)$$

Здесь Q_i — величина i -го заряда; ϵ_0 — электрическая постоянная. Знаки в знаменателе выражения (4) зависят от координат вершин квадрата. Суммарная функция потенциала будет определяться по принципу суперпозиции выражением

$$\varphi(x, y, z) = \sum_i \varphi_i(x, y, z). \quad (5)$$

Пусть все четыре заряда имеют одинаковую величину, а знаки зарядов при прохождении от вершины к вершине по периметру квадрата чередуются. На рис. 1 представлен график линий уровня, иллюстрирующий распределение потенциала в плоскости $z_0 = 0$ (потенциал, равный нулю, принимается на бесконечности). Белым цветом обозначены области, где функция потенциала стремится к $+\infty$ (области положительных зарядов), чёрным — области, где функция потенциала стремится к $-\infty$ (области отрицательных зарядов). На рис. 2 представлено векторное поле, иллюстрирующее линии напряжённости электростатического поля в той же плоскости в соответствии с (2) и (3). Стрелки векторов показывают, что силовые линии электростатического поля начинаются на положительных зарядах и заканчиваются на отрицательных.

Следует также отметить, что возможности системы MathCAD позволяют провести визуализацию полей потенциала и напряжённости системы любых зарядов, для каждого из которых возможно получение аналитического выражения функции потенциала, аналогичного (4), с последующим применением выражения (5). Также возможности MathCAD позволяют проводить анимацию физических процессов с получением видеоролика. Например, можно изменять положение

зарядов или их величины и записать последовательность кадров, соответствующих каждому промежуточному случаю. Это позволит, в частности, провести наглядный анализ изменения характеристик электростатического поля без проведения натурального эксперимента.

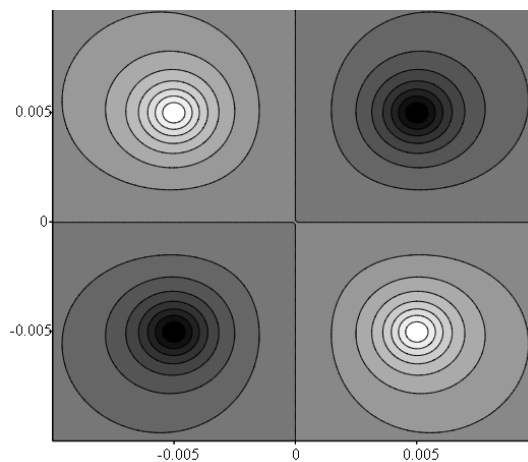


Рис. 1. Поле потенциала системы 4-х точечных зарядов, расположенных в одной плоскости

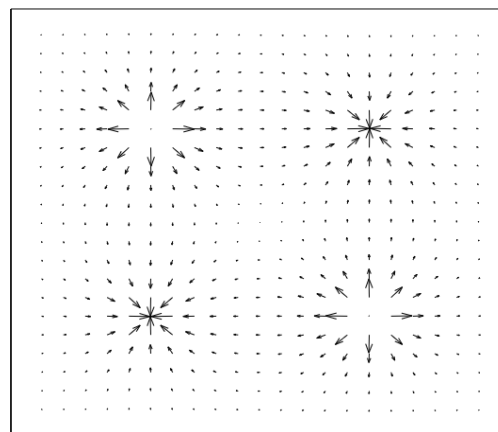


Рис. 2. Поле напряжённости системы 4-точечных зарядов, расположенных в одной плоскости

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренный пример проведения компьютерной лабораторной работы показывает возможности вычислительного эксперимента для расширения натурной лабораторной работы и повышения наглядности изучаемых законов и явлений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирьянов Д.В. Самоучитель MathCAD 13. СПб.: БХВ-Петербург, 2006. 528 с.

К.М. Lapitskiy, I.A. Bamburkina

LapitskyKM@mpei.ru

National Research University «MPEI», Moscow

COMPUTER VISUALIZATION METHODS APPLICATION IN ELECTROSTATIC FIELDS STUDY

SUMMARY

Main principles of computer modeling in MathCAD to computer experiment realization of electrostatic field study and visualization are considered. The necessity of computer experiment using in education by technical specialties is shown.

СОЗДАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ ПРАКТИКУМОВ УДАЛЁННОГО ДОСТУПА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

АННОТАЦИЯ

В докладе рассмотрены вопросы создания автоматизированных лабораторных практикумов удалённого доступа (АЛП УД) с учётом современного уровня развития информационных технологий. Показано, что выбранная структура может быть достаточно инвариантна к лабораторному оборудованию и обладает определённой универсальностью.

1. ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ ПРАКТИКУМОВ

Создание автоматизированных лабораторных комплексов является трудоёмкой и сложной задачей. В НИУ «МЭИ» решением этой задачи занимаются уже более 20 лет, основываясь на принципах, сформированных в [1, 2]:

1) принцип «единства и комплексности объектов изучения». Современные лабораторные комплексы представляют собой неразрывную совокупность программных, технических и методических средств, обеспечивающих полноценное изучение объектов в составе программно-технических и научно-методических комплексов по направлениям подготовки;

2) принцип «интеллектуализации объекта и средств обучения». Применительно к сложным техническим системам он означает процесс преобразования различных видов энергии, происходящий в многоуровневой информационной среде и позволяющий эффективно решать задачи управления, диагностики и прогнозирования качества функционирования данной системы;

3) принцип «распределения информационных и технических ресурсов». Он предусматривает комплексный подход к объекту изучения, предполагающий изучение необходимого объёма инвариантных фактографических материалов (справочно-информационные сведения, описание принципа действия, конструктивных особенностей, математическое описание и модельный анализ изучаемых физических процессов), а также обязательное экспериментальное исследование объекта с последующим математическим анализом полученных результатов.

Развитие автоматизированных лабораторных комплексов удалённого доступа (АЛП УД) нового поколения, базирующееся на перечисленных принципах, начиналось в условиях, когда:

1) информационно-коммуникационные сети были недостаточно развиты. Количество жителей России, подключённых к сети Интернет, в 1995—1996 гг. составляло десятки тысяч человек, средняя скорость подключения была менее 56 кБит/с (максимальная скорость модемного соединения);

2) мобильный Интернет отсутствовал;

3) программы-обозреватели Интернета обладали крайне низкой степенью интерактивности, фактически представляя информацию только в текстовом виде.

Программно-аппаратные комплексы с удалённым доступом создавались для сценариев работы, которые подразумевали краткосрочное подключение к Интернету с передачей небольших объёмов данных. Фактически компьютерная сеть использовалась только для передачи задания на проведение эксперимента на удалённом оборудовании и обратной передачи результатов эксперимента. Кроме того, предусматривался вариант локального использования лабораторных модулей через местную сеть, которая могла не иметь выход в Интернет.

Таким образом, первые варианты программного обеспечения (ПО) разделялись на две части (клиентскую и серверную), первая из которых могла подавляющую часть времени работать автономно. Серверное ПО обеспечивало сопровождение и корректную обработку очереди заданий и распределение их на разные лабораторные модули.

С учётом указанных выше особенностей развития информационно-коммуникационных технологий выбранное решение было достаточно эффективным. Методика работы учащегося сводилась к набору шагов: а) освоение методического материала; б) формирование схемы опыта на основе индивидуального задания; в) проведение компьютерного моделирования; г) проведение физического эксперимента на удалённом оборудовании; д) анализ и обработка результатов моделирования и эксперимента; е) подготовка отчёта.

Однако представленное решение имело и ряд недостатков. В частности, децентрализация и автономность клиентского ПО существенно затрудняли ведение единого журнала проведения работ, не позволяло вводить расписание и группировать пользователей. Кроме того, выявленные ошибки клиентского ПО требовали его обновления на рабочих местах пользователей, что могло приводить к переустановке ПО и занимало доста-

точно много времени в случае работы в компьютерном классе.

2. ПРЕДПОСЫЛКИ ПЕРЕХОДА К НОВОЙ КОНЦЕПЦИИ СОЗДАНИЯ АЛП УД

Выделим несколько ключевых факторов, которые определяют необходимость существенного пересмотра подходов к созданию, использованию и распространению программного обеспечения для АЛП УД.

Согласно статистическим исследованиям [3] количество пользователей Интернет в России в 2015 г. составило более 80 млн человек. Из них около 35 млн человек (60 %) — жители населённых пунктов с количеством менее 100 тыс. человек, что позволяет сделать вывод о широком распространении сети Интернет в России. При этом выросла и средняя скорость подключения. В подавляющем большинстве случаев передача данных суммарным объёмом в 1—5 Мб не занимает более нескольких секунд.

Вторым фактором является распространение мобильного Интернета. Согласно тем же исследованиям [3] около 50 млн человек используют Интернет с мобильных устройств (смартфонов, планшетов и др.). Сохраняется устойчивая динамика роста количества таких пользователей. Этому способствует несколько условий. Во-первых, мобильные операторы в последние 2—3 года активно обновляют оборудование для обеспечения связи третьего (3G) и четвертого (4G, LTE) поколения. Это происходит не только в крупных мегаполисах, но и небольших городах и сельских населённых пунктах. Во-вторых, постоянно растёт число точек беспроводного подключения к сети (Wi-Fi). В-третьих, производители мобильных устройств (смартфонов, коммуникаторов, планшетов, навигаторов и пр.) наполнили рынок недорогими моделями экономкласса. При этом даже дешёвые современные смартфоны поддерживают разрешение экрана на уровне 800 на 480 пикселей (при размере экрана 4").

Третьим фактором явилось утверждение в 2014 году международным консорциумом W3C новых стандартов HTML5 (HyperText Markup Language — язык гипертекстовой разметки) и CSS3 (Cascading Style Sheets — каскадная таблица стилей). Это привело к существенному увеличению количества Интернет-приложений с развитым и нестандартным пользовательским интерфейсом. У разработчиков появилась возможность достичь степени интерактивности, близкой к приложениям, работающим стационарно на компьютере пользователя. Существенную помощь в этом оказывают появившиеся и активно развивающиеся наборы компонентов и модулей, написанных, как правило, на языке Javascript. Многие из них имеют бесплатную лицензию для некоммерче-

ского использования, в том числе в учебных заведениях.

Четвёртым фактором является существенное расширение программно-аппаратных платформ, используемых на рабочих местах пользователей. Они могут отличаться большим разнообразием версий, например, Microsoft Windows Vista, 7, 8, 8.1, 10; Google Android 2.2, 4.0, 4.1, 4.2, 4.4. В этом случае перед разработчиками стоит крайне непростая задача: обеспечить весь парк устройств необходимыми приложениями. Если делать их традиционным способом, то трудозатраты увеличиваются многократно. Очевидно, что в такой ситуации требуется применять универсальные решения.

3. СТРУКТУРА СОВРЕМЕННОГО ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА УДАЛЁННОГО ДОСТУПА

Перечисленные выше факторы способствуют формированию новой структуры клиентского программного обеспечения, позволяющей удовлетворить потребность в проведении физического эксперимента в любом месте и в любое время без необходимости затрачивать время на установку, настройку и освоение специализированных программ.

Очевидным является решение о трансформации клиентского ПО в Интернет-приложение, которое не должно проигрывать в степени интерактивности и наборе предоставляемых возможностей. Для этого предлагается структура, представленная на рис. 1.



Рис. 1. Структура программного комплекса

Она содержит:

- а) веб-приложение;
- б) веб-сервис;
- в) программу — службу операционной системы;
- г) базу данных.

Веб-приложение обеспечивает взаимодействие пользователя с системой. Поскольку многие манипуляции могут быть выполнены непосредственно на странице, пользовательский интерфейс реализуется в виде обычных веб-документов с поддержкой компонентов, написанных на языке Javascript. Как отмечалось выше, использование современных стандартов позволяет обеспечить высококачественный интерфейс, близкий по своим возможностям к настольным приложениям.

Управление потоками данных осуществляется через RESTful (Representational State Transfer — репрезентативная передача состояния) веб-сервис. В его задачи входят обработка запросов со стороны пользователя, проверка его возможностей и разрешений (через базу данных), формирование очереди эксперимента, передачу результатов в удобном для отображения виде. Необходимо отметить, что веб-сервис действует с правами, которые имеют существенные ограничения на компьютере, на котором он установлен. Поэтому для обращения к лабораторному стенду и проведения эксперимента требуется дополнительный блок, роль которого выполняет служба операционной системы.

Непосредственное взаимодействие с лабораторным стендом осуществляет программа, выполненная в виде службы (service) операционной системы. Она осуществляет опрос базы данных на наличие невыполненных (ожидающих очереди) заданий на эксперимент, обращается к серверу лабораторных работ и сохраняет полученные результаты в БД.

База данных выступает хранилищем, в которое помещаются сведения о существующих пользователях системы, перечне доступных для выполнения работ, информация о пользователях, подключённых в настоящее время, о ранее выполненных экспериментах и их результатах. БД используется для авторизации пользователей и хранения параметров экспериментов.

4. ПРИМЕР РЕАЛИЗАЦИИ ВЫБРАННОЙ СТРУКТУРЫ

В качестве примера рассмотрим реализацию представленного решения для выполнения физического эксперимента на лабораторном модуле «Выпрямительные устройства». Пользовательский интерфейс выполнен в виде Интернет-приложения (рис. 2) и состоит из четырех «зон». В левой части располагается «дерево» выбора схем выпрямителей (6 схем). В центральной части — выбранная схема с необходимым набором элементов управления для задания параметров. В нижней части размещены две закладки: «Задание» и «Результаты». В первой из них представлены методические материалы и варианты задания в зависимости от выбранной схемы. Во второй — таблица с перечислением выполняемых конкретным пользователем работ и их состоянием. В последнем столбце таблицы находятся две ссылки: одна для скачивания результатов эксперимента в виде текстового файла в формате CSV (comma-separated values — значения, разделённые запятыми), другая — для просмотра графиков (правая верхняя часть на рис. 2).

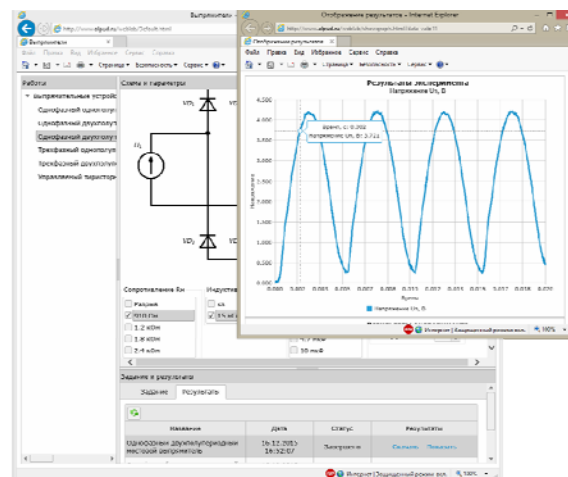


Рис. 2. Пример выполненного эксперимента


Для представленного на рис. 2 примера покажем последовательность действий пользователя.

Хотя общий интерфейс доступен по умолчанию, проведение эксперимента (доступность кнопки «Эксперимент») возможно после авторизации пользователя. Для этой цели служит специальная страница. После успешной проверки введенных данных происходит переход к основной части. В случае нового пользователя на странице входа доступна ссылка «Регистрация».

На основной странице в левой части необходимо среди перечня доступных объектов исследования выбрать нужную. Произойдет загрузка отмеченной схемы и текста задания, которое отобразится в соответствующей закладке внизу страницы. интерфейс построен таким образом, что при необходимости левая и нижняя зоны могут быть увеличены по горизонтали или вертикали. Для этого необходимо подвести мышку к разделительной границе между зонами.

В рассматриваемом примере выбран однофазный мостовой выпрямитель. Изменяемыми входными параметрами являются: величина активного сопротивления нагрузки, индуктивности катушки фильтра, ёмкости конденсатора фильтра. Для выбора доступных номиналов служат специальные блоки, где можно отметить нужное по заданию значение. Конструкция экспериментального модуля такова, что возможен множественный выбор значений, который означает параллельное включение нескольких элементов. Дополнительно задаются параметры питания схемы. В настоящем варианте можно указать синусоидальный источник напряжения с амплитудой от 0,5 до 5 В, частотой питания от 10 до 1000 Гц и фазным сдвигом от 0 до 360°. Сделанные изменения отображаются на схеме.

Помимо параметров схемы и её питания указываются параметры эксперимента. В данном примере к ним относится время эксперимента, которое может быть задано в пределах от 1 до 1000 мс с шагом в 1 мс.

После формирования схемы эксперимента пользователь нажимает на кнопку «Эксперимент». Перед отправкой введённых данных проводится проверка. После её успешного прохождения заданные параметры передаются веб-сервису для сохранения их в базе данных. Одновременно сформированное задание становится в очередь на выполнение. За состоянием очереди можно следить на закладке «Результаты». Для обновления содержимого таблицы необходимо нажать на кнопку  в её верхней части.

При успешном завершении эксперимента в последней колонке становятся доступными ссылки «Скачать» и «Показать». В первом случае пользователь может сохранить полученные результаты в виде файла на локальном компьютере в формате csv. Этот файл является текстовым и может быть загружен в различные программы (Microsoft Excel, PTC MathCAD и др.). При дальнейшем использовании описываемых файлов необходимо обратить внимание на разделитель целой и дробной частей вещественных чисел, так как возможны несовпадения настроек системы и выбранной программы.

В правой верхней части рис. 2 показан пример отображения результатов эксперимента в виде графиков. На нем представлено выходное напряжение однофазного мостового выпрямителя. Если подвести мышку к какой-либо точке на графике, то появится всплывающая подсказка с указанием численных значений. Дополнительно будет показан курсор, состоящий из двух перпендикулярных пунктирных линий. Выбранная точка будет отмечена кружком.

Основная часть пользовательского интерфейса представляет набор страниц в формате HTML с добавлением кода, написанного на языке Javascript. Дополнительно использованы визу-

альные компоненты из пакета jqWidgets (<http://www.jqwidgets.com>).

Веб-сервис, обслуживающий запросы и взаимодействующий с базой данных, реализован с использованием технологии .Net Framework v4.5 и работает под управлением сервера IIS (Internet Information Services — информационные сервисы Интернет).

Служба операционной системы является сервисом Windows и также написана с использованием .Net Framework v4.5.

База данных работает под управлением Microsoft SQL Server Express 2008R2. Её достаточно простая структура позволяет без существенных затрат осуществить перенос на любую другую платформу, поддерживающий стандарт SQL.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложена структура ПО, позволяющая обособить часть лабораторного комплекса, обеспечивающую взаимодействие с оборудованием. Это делает основную часть ПО достаточно универсальной и быстро настраиваемой. Использование веб-приложения в совокупности с веб-сервисом позволяет обслуживать пользователей, работающих на разных программно-аппаратных платформах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Отраслевой стандарт 9.2-98.** Системы автоматизированного лабораторного практикума. Основные положения. М.: Росстандарт, 1998.
2. **Новый** подход к инженерному образованию. Теория и практика открытого доступа к информационным и техническим ресурсам / Ю.В. Арбузов, В.Н. Леньшин, С.И. Маслов и др.; под ред. А.А. Полякова. М.: Центр-Пресс, 2000.
3. **Отчёты** компании TNS Россия за 2015 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tns-global.ru/services/media/media-audience/internet/>

B. Lipay, A. Berilov, D. Gruzkov, I. Stankevich

LipaiBR@mpei.ru; andrompei@rambler.ru; gigaboss007@gmail.com; stankevichiv@gmail.com
National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

CREATION OF AUTOMATED LABORATORY EQUIPMENT WITH REMOTE ACCESS USING MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES

SUMMARY

The report describes the principles of creation of automated laboratory equipment with remote access taking into account the current level of development of information technologies. Selected structure can be invariant for different laboratory equipment and can be considered as universal.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В МНОГОДВИГАТЕЛЬНОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ МЕХАНИЗМА ПОДЪЁМА ЭКСКАВАТОРА ЭКГ-8И МЕТОДОМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

АННОТАЦИЯ

Проведена разработка математических и имитационных моделей двухдвигательного электропривода механизма подъёма одноковшового экскаватора ЭКГ-8И. В среде пакета прикладных программ MatLab-Simulink проведена серия имитационных экспериментов. По результатам имитационных экспериментов высказано и обосновано предположение о причинах преждевременного выхода из строя одного из электродвигателей механизма. Разработаны технические решения по усовершенствованию двухдвигательного электропривода подъёма.

ВВЕДЕНИЕ

Компьютерные технологии прочно закрепились в высшей школе и широко используются не только для оформления текстовой и графической частей учебных работ, но и для изучения и исследования сложных систем и процессов [1]. Использование компьютера для исследования моделей различных объектов и систем позволяет изучить их особенности без проведения натурных экспериментов. Одно из основных требований при этом — модель должна быть адекватной реальному объекту исследования.

Парк горных и транспортных машин, занятых в сфере горного производства, постоянно растёт. Однако только количественного роста недостаточно для быстрого повышения производительности труда. Необходимы качественные изменения за счёт увеличения быстродействия, уменьшения массы, увеличения надёжности и ремонтпригодности оборудования.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Гусеничные экскаваторы — лопаты средней производительности типа ЭКГ-8И являются одной из самых массовых моделей одноковшовых экскаваторов. Ими выполняется наибольший объём земляных работ, связанных с сооружением каналов и гидротехнических устройств, мелиорацией и осушением земель, разработкой полезных ископаемых открытым способом. В процессе эксплуатации многодвигательных электроприводов механизма подъёма одноковшовых экскаваторов ЭКГ-8И часто наблюдается преждевременный выход из строя одного из двигателей. После ремонта электродвигателя, а именно — после перематки обмоток и последующей установки его на прежнее место, очень часто и в достаточно короткие сроки наблюдается выход из строя уже

второго электродвигателя. В таких случаях бывает целесообразным отремонтировать (перематать) сразу два двигателя, хотя из строя вышел непосредственно только один.

Модернизация главных электроприводов одноковшовых экскаваторов требует углубленного изучения динамических процессов в электрической системе и механической части [2]. Поскольку натурные экспериментальные исследования, во-первых, увеличивают сроки и финансовые затраты разработки, а, во-вторых, не позволяют провести качественные и всеобъемлющие исследования, наиболее целесообразным представляется использование математического и имитационного моделирования.

2. РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОДЪЁМА

Двухдвигательный электропривод механизма подъёма экскаватора ЭКГ-8И выполнен по системе Г-Д и содержит один генератор типа 2ПЭМ 151-8С и два электродвигателя независимого возбуждения типа ДЭ-816. Механические связи между электродвигателями относительно жёсткие. На рис. 1 представлена упрощённая принципиальная схема электропривода подъёма экскаватора ЭКГ-8И.

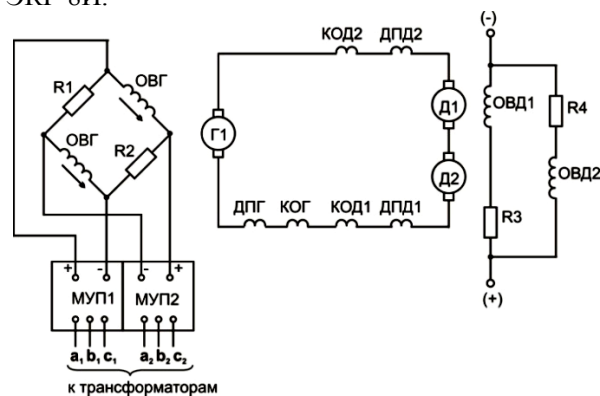


Рис. 1. Упрощённая принципиальная схема электропривода подъёма

Два двигателя соединены последовательно и получают питание от одного генератора. Обмотки возбуждения двигателей включены между собой параллельно. Последовательно с каждой обмоткой включены регулировочные сопротивления. Для регулирования тока возбуждения генератора и скорости вращения двигателей применены два магнитных усилителя МУП1 и МУП2.

В экскаваторных электроприводах управление двигателями осуществляется по якорной цепи по системе управляемый преобразователь — двигатель [3]. В качестве управляемого преобразователя на схеме рис. 1 используется генератор постоянного тока.

Система уравнений, описывающая электропривод подъёма без учёта реакции якорей и влияния вихревых токов, имеет следующий вид:

$$U_{\Gamma} = U_1 + U_2,$$

$$U_{я1} = i_{я}R_{я1} + L_{я1} \frac{\partial i_{я}}{\partial t} + C_{e1}\Phi_1\omega_1,$$

$$U_{я2} = i_{я}R_{я2} + L_{я2} \frac{\partial i_{я}}{\partial t} + C_{e2}\Phi_2\omega_2,$$

$$J_1 \frac{\partial \omega_1}{\partial t} = C_{m1}\Phi_1 i_{я} - M_{13y},$$

$$J_2 \frac{\partial \omega_2}{\partial t} = C_{m2}\Phi_2 i_{я} - M_{23y},$$

$$M_{13y} + M_{23y} + M_c = J_3 \frac{\partial \omega_3}{\partial t},$$

$$M_{13y} = C_{13} \int (\omega_1 - \omega_3) dt,$$

$$M_{23y} = C_{23} \int (\omega_2 - \omega_3) dt,$$

$$U_{в1} = i_{в1}R_{в1} + L_{в1} \frac{\partial i_{в1}}{\partial t},$$

$$U_{в2} = i_{в2}R_{в2} + L_{в2} \frac{\partial i_{в2}}{\partial t},$$

$$\Phi_1 = f(i_{в1}),$$

$$\Phi_2 = f(i_{в2}),$$

где U_{Γ} , $U_{я1}$, $U_{я2}$, $U_{в1}$, $U_{в2}$ — напряжение генератора, напряжения якоря электродвигателя и напряжения возбуждения электродвигателей соответственно;

$i_{я}$, $i_{в1}$, $i_{в2}$ — ток якоря и токи возбуждения соответствующих двигателей;

ω_1 , ω_2 , ω_3 — частота вращения 1-го, 2-го электродвигателей и приведённая скорость рабочего механизма соответственно;

M_{13y} , M_{23y} , M_c — упругие моменты двигателей и момент сопротивления, соответственно;

Φ_1 , Φ_2 — основные магнитные потоки соответствующих электродвигателей;

$R_{я1}$, $R_{я2}$, $R_{в1}$, $R_{в2}$ — сопротивления якорей и обмоток возбуждения электродвигателей соответственно;

$L_{я1}$, $L_{я2}$, $L_{в1}$, $L_{в2}$ — индуктивности якорных цепей и обмоток возбуждения электродвигателей соответственно;

J_1 , J_2 , J_3 — моменты инерции первого, второго двигателей и передаточного устройства;

C_{13} , C_{23} — жёсткости механических связей;

C_{e1} , C_{e2} , C_{m1} , C_{m2} — конструктивные постоянные электродвигателей.

Представленной системе уравнений соответствует структурная схема, изображённая на рис. 2.

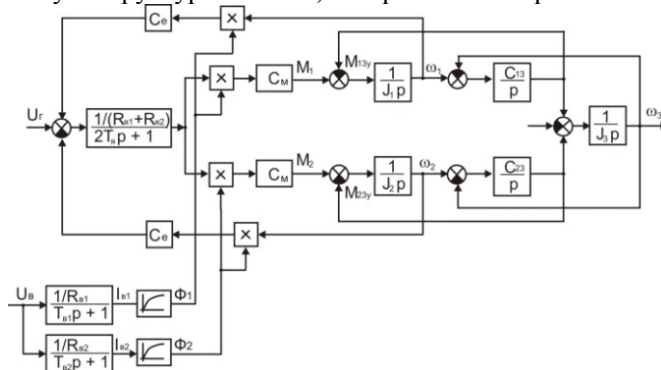


Рис. 2. Структурная схема двухдвигательного электропривода подъёма экскаватора ЭКГ-8И

3. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Имитационное моделирование электропривода подъёма экскаватора ЭКГ-8И по представленной на рис. 2 структурной схеме было реализовано в пакете прикладных программ MatLab-Simulink.

Параметры модели определены по техническим характеристикам электропривода: $P_H = 190$ кВт; $\omega_H = 77,5$ рад/с; $M_H = 2450$ Нм; $i_H = 680$ А; $U_H = 300$ В; $\Phi_H = 0,09$ Вб; $R_{я} = 0,004$ Ом; $U_{в} = 85$ В; $R_{в1} = R_{в2} = 3,5$ Ом.

При моделировании было учтено и то обстоятельство, что электродвигатели одинакового типа могут иметь неидентичные технические характеристики. Причём эта разница допускается техническими условиями, расхождение в механических характеристиках может достигать 20—25 %, в том числе из-за разброса значений основного магнитного потока электродвигателей [4].

В связи с этим исследования проводились на модели электропривода, содержащего идентичные электродвигатели, и на модели с разницей магнитных потоков электродвигателей в пределах 15—20 %, что вполне соответствует реальному разбросу параметров. В процессе имитационных экспериментов изучалась реакция электропривода на управляющие и возмущающие воздействия. Анализ проведённых экспериментов показал, что разброс характеристик электродвигателей значительно ухудшает режимы работы электропривода.

Приведённые ниже результаты имитационного моделирования проводились при заданной разнице основных магнитных потоков порядка 15 %, магнитный поток первого двигателя был больше второго. На рис. 3 представлен график зависимости упругого момента M_{13y} , а на рис. 4 — разности упругих моментов M_{13y} и M_{23y} в режиме пуска и при приложении нагрузки.

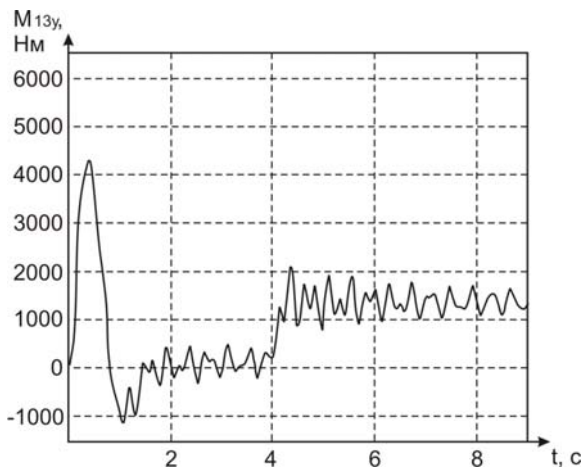


Рис. 3. График упругого момента M_{13y}

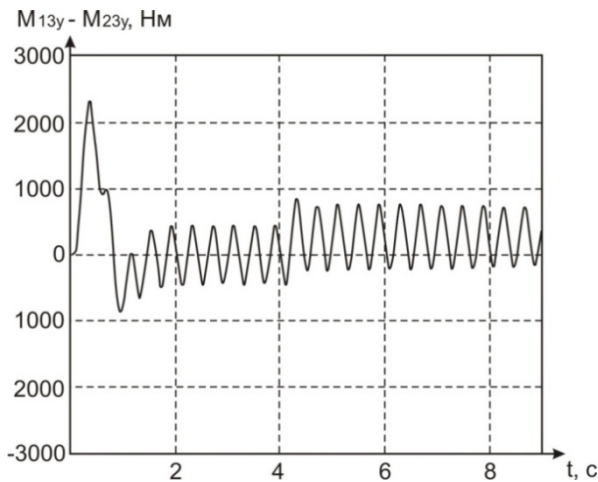


Рис. 4. График разности упругих моментов

При пусках амплитуда упругого момента M_{13} достигает почти двукратного значения номинального момента, а в установившихся режимах возникают слабозатухающие колебания. Между упругими моментами M_{13} и M_{23} существуют фазовый сдвиг и разность амплитуд, которая увеличивается при увеличении нагрузок. На рис. 5 показан график разности ЭДС электродвигателей $E_1 - E_2$. Как видно из рисунка, разность ЭДС колеблется в пределах $30 \div 130$ В, что приводит к перенапряжениям одного из электродвигателей.

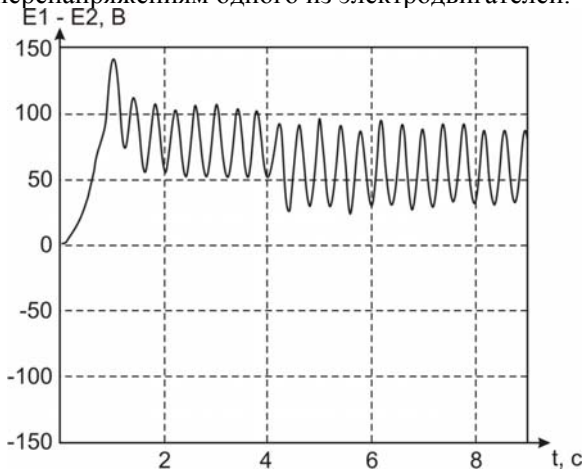


Рис. 5. График зависимости разности ЭДС двигателей

Опыты, поставленные для электропривода с идентичными характеристиками электродвигателей, показали, что разницы в моментах и ЭДС двигателей не наблюдается, а колебания в упругих связях в установившихся режимах быстро затухают.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что для улучшения режимов работы электропривода необходимо минимизировать разницу основных магнитных потоков электродвигателей. Двигатели должны обладать, по возможности, одинаковыми механическими характеристиками. Неполной идентичностью характеристик приводных электродвигателей и объясняется возникновение механических перегрузок и электрических перенапряжений [5]. Устранение разброса параметров электродвигателей технологическими методами при изготовлении и ремонте — задача трудновыполнимая. Она требует внедрения современных технологий и создания специализированных средств измерения и контроля, а это неизбежно ведёт к дополнительным материальным затратам. Одним из реальных путей улучшения режимов работы электроприводов является их модернизация, суть которой заключается в дополнении существующей системы выравнивания магнитных потоков. Однако оценить непосредственно значение магнитного потока электродвигателя, не нарушая его конструкции, достаточно трудно. Оценить разницу магнитных потоков электродвигателей можно косвенным путём за счёт измерения доступных величин, например, напряжения на вводных клеммах электродвигателей. При последовательном соединении двух двигателей происходит перераспределение напряжений согласно выражениям

$$U_1 = C_{e1} + \Phi_1 \omega_1 + I_{я} r_{я1};$$

$$U_2 = C_{e2} + \Phi_2 \omega_2 + I_{я} r_{я2}.$$

Если предположить, что сопротивления якорных цепей двигателей $r_{я1}$ и $r_{я2}$ одинаковые и в процессе эксплуатации меняться не будут, якорные токи при последовательном соединении одинаковые, то перераспределение напряжений в основном будет зависеть от разницы основных магнитных потоков двигателей. Скорости двигателей в электроприводе с относительно жёсткими связями принято считать тоже одинаковыми ($\omega_1 = \omega_2$), конструктивные постоянные двигателей C_{e1} , C_{e2} также считаются одинаковыми ($C_{e1} = C_{e2}$). Из изложенного следует, что значение напряжения при перераспределении больше там, где больше магнитный поток. Это предположение можно использовать при оценке разницы магнитных потоков косвенным методом, а в дальнейшем и при построении системы выравнивания магнитных потоков двигателей в многодвигательных электроприводах механизма подь-

ёма. На рис. 6 представлена функциональная схема двухдвигательного электропривода подъёма с системой выравнивания магнитных потоков.

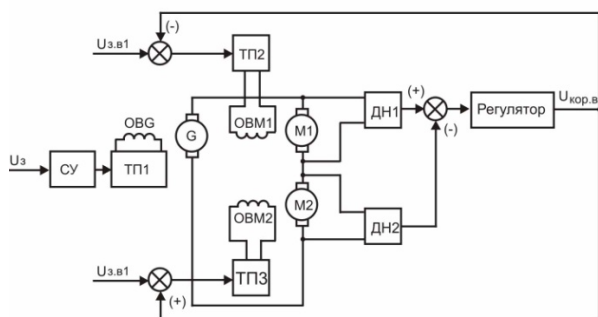


Рис. 6. Функциональная схема электропривода с системой выравнивания магнитных потоков

Данное решение предполагает разделить все цепи возбуждения. Все электрические машины будут возбуждаться от индивидуальных тиристорных преобразователей. Сигнал задания для тиристорных преобразователей, питающих цепи возбуждения электродвигателей, будет состоять из двух составных частей: общей и корректирующей. Общая часть для обоих электродвигателей будет одинаковой, она определяется положением командоконтроллера штатной системы управления, а корректирующая часть будет формироваться системой выравнивая магнитных потоков на основе информации от датчиков напряжения (ДН1, ДН2).

Магнитные потоки электродвигателей корректируются одновременно, но с противоположными знаками, если магнитный поток для первого электродвигателя уменьшается, то для второго увеличивается, и наоборот. Таким образом, корректировка магнитных потоков будет осуществляться до тех пор, пока перераспределение напряжений на электродвигателях не окажется в пределах заданного значения. Чем меньше разница напряжений на электродвигателях, тем меньше разброс основных магнитных потоков.

Следует отметить, что при данном техническом решении изменения сведены к минимуму. Все электрические машины остаются на своих

местах, изменения коснутся только системы управления. Данное решение позволит минимизировать материальные затраты, необходимые для модернизации действующего парка одноковшовых экскаваторов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С помощью современных средств информационных и компьютерных технологий проведено исследование сложной электромеханической системы — двухдвигательного электропривода механизма подъема одноковшового экскаватора ЭКГ-8И. Установлены основные причины преждевременного выхода из строя элементов электропривода, предложены технические решения по устранению этих причин.

Особенностью данных исследований является то, что все работы были проведены без дорогостоящих натурных экспериментов. Все эксперименты были проведены методом имитационного моделирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Терехин В.Б., Дементьев Ю.Н. Компьютерное моделирование систем электропривода постоянного и переменного тока в Simulink: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013.
2. Мительман М.В., Мирошкин П.П. Совершенствование электроприводов экскаваторов. М.: Недра, 1987.
3. Носырев М.Б., Карякин А.Л. Расчёты и моделирование САУ главных электроприводов одноковшовых экскаваторов: учебное пособие. Свердловск: Изд. СГИ им. В.В. Вахрушева, 1987.
4. Брейдо И.В., Лисицын Д.В. Имитационное моделирование многодвигательного электропривода подъема экскаватора ЭКГ-8 / Карагандинский государственный технический университет // Труды университета. 1998. Вып. 3. С. 302—304.
5. Лисицын Д.В., Костров О.О. О модернизации многодвигательных электроприводов действующего парка одноковшовых экскаваторов / Карагандинский государственный технический университет // Автоматика. Информатика. 2010. Вып. 1-2, (26-27). С. 24—27.

D.V. Lisitsyn

dlisicyn@mail.ru

Organization Karaganda stat technical university, c. Karaganda

RESEARCH THE ELECTROMECHANICAL PROCESSES IN THE ELECTRIC MULTIDRIVE MECHANISM OF EKG-8I EXCAVATOR LIFTING GEAR BY SIMULATION METHODS

SUMMARY

It is developed mathematical and simulation models of the EKG-8I excavator twin-engine electric lifting gear. In the application package Matlab-Simulink the series of simulation experiments are provided. According to the results of simulation experiments a reasonable assumption about the causes of premature failure of one of the motor mechanism is expressed. Developed technical solutions for improvement of twin-engine electric lifting gear.

ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА АВТОМАТНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЯХ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён современным подходам к обучению работе со сложными электрическими аппаратами и аппаратными комплексами. Анализируются традиционные методы описания логики их работы. Приводятся примеры решения задач инженерного образования с применением программного обеспечения АпуLogic.

ВВЕДЕНИЕ

С каждым десятилетием архитектура сетей низкого напряжения усложняется. Кроме основных функций распределения и защиты, реализуются и различные дополнительные функции, например автоматический ввод резерва, контроль состояния и управление по открытым протоколам связи. Это стало возможным благодаря применению многофункциональных и многорежимных электрических аппаратов (ЭА) с микропроцессорными блоками контроля и управления. Их распространение требует соответствующей квалификации проектировщиков и сотрудников служб эксплуатации.

Обучение инженерного персонала принятию решений в любой ситуации является важнейшей частью высшего и послевузовского образования, важную роль в котором играет современное информационное и программное обеспечение.

1. МЕТОДЫ ОПИСАНИЯ ЛОГИКИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

В основном производители предоставляют только словесное описание логики работы поставляемой аппаратуры. Расширение функциональных возможностей современных устройств затрудняет задачу описания работы современных систем традиционными методами.

Применение алгебры логики и релейно-контактных схем даёт только возможность изучения системы в определённом состоянии при выполнении ряда условий для внешних воздействий, и не позволяет отразить все функциональные особенности даже простых взаимодействующих ЭА. Это обнаруживается при попытках описать работу бистабильного кнопочного переключателя, импульсного реле или двух взаимодействующих реле, включённых по схеме «пульс-пара».

Наличие инструмента, позволяющего наглядно изучить принцип работы как отдельных устройств, так и аппаратных комплексов, сегодня становится крайне необходимо.

Таковыми инструментами могут быть демонстрационный стенд или интерактивная логическая модель.

2. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОБУЧЕНИЮ РАБОТЫ КОМПЛЕКСОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Создание демонстрационных стендов является целесообразным для организации обучающих курсов для проектировщиков и сотрудников эксплуатирующих организаций, а также для проведения экспериментов с целью функциональной идентификации электрических аппаратов.

Важным практическим применением экспериментального стенда является проверка технических описаний и инструкций по эксплуатации оборудования, предоставляемого производителем, так как в них встречаются неточности и ошибки.

При своих достоинствах стенд имеет серьёзные недостатки: разработка, сборка, монтаж и настройка экспериментальных стендов требуют существенных финансовых и трудовых затрат, а также занимает много времени. Кроме того, как правило, такие стенды не позволяют проверить работу устройств в аварийных режимах, а их тиражирование для обучения студентов представляется малоперспективным.

Для многоамперных электрических аппаратов при токах короткого замыкания, измеряемых десятками тысяч ампер, проведение натурных экспериментов возможно лишь на отдельных аппаратах и нереализуемо в системе их взаимодействия.

Напрашивается вывод о том, что для формирования навыков решения таких задач мы обречены на использование различного уровня моделей.

Создание интерактивных логических моделей сложных устройств позволяет подробно изучить и определить критические события в любой системе до её реального создания.

Современные средства компьютерного моделирования позволяют разрабатывать интерактивные логические модели сложных комплексов взаимодействующих электрических аппаратов. Достоинством моделирования по сравнению с другими методами анализа является возможность имитировать аварийные режимы работы системы, такие как короткое замыкание.

Для разработки таких моделей при помощи инструментов имитационного моделирования необходимо иметь формальное описание работы каждого применяемого устройства.

В частности, формальным описанием может быть диаграмма состояний детерминированного конечного аппарата (ДКА). С использованием диаграммы состояний можно описать работу сколь угодно сложных современных многофункциональных и многорежимных электрических аппаратов.

Такое описание позволяет объективно рассмотреть работу любого объекта, даст определённость, непротиворечивость, однозначность и обоснованность для каждого рассматриваемого объекта [1].

Применение теории детерминированных конечных автоматов (ДКА) как элемента дискретной математики позволяет выработать удобный подход к изучению как работы ЭА, так и комплекса взаимодействующих ЭА. Визуальное представление ДКА (диаграмма состояний) позволяет создать для ЭА описание всех возможных состояний и условий перехода из одного состояния в другое. С помощью автоматных языков возможно описать и исследовать взаимодействие комплексов ЭА [3]. Такие методы уже активно применяются для систем АСУ ТП в других направлениях техники.

Взаимодействие аппаратов, описанных автоматными диаграммами, продемонстрировано при помощи инструмента имитационного моделирования AnyLogic на примере двух контакторов, включённых по схеме пульс пары.

3. ПРОСТАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВО ВРЕМЕНИ РЕЛЕЙНЫХ АППАРАТОВ. УЧЕБНЫЙ ПРИМЕР: «ПУЛЬС-ПАРА»

Пульс-пара является простейшим коммутирующим устройством. Представляет собой вклю-

чение двух реле по схеме на рис. 1. Принцип её работы описан в [2]. Формальное описание логики работы данной схемы достаточно просто сделать, представив контакторы конечными автоматами и составив их диаграммы состояний [4].

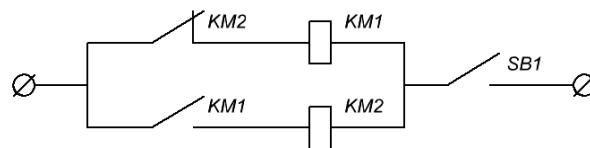


Рис. 1. Схема включения реле «Пульс-пара»

С расширением функций схемы словесное описание её логики работы становится многословным и трудновоспринимаемым. Составленная диаграмма состояний контактора является формальным описанием логики его работы и позволяет легко установить возможность той или иной последовательности событий.

Рассмотренная схема пульс-пары реализуется на двух типах контакторов: с нормально замкнутыми контактами и нормально разомкнутыми контактами. Готовая модель пульс-пары в AnyLogic представлена на рис. 2.

Программное обеспечение AnyLogic использует дискретно-событийный метод моделирования, ориентированный на разработку моделей ДКА.

Он позволяет реализовать визуализацию изменений состояний системы под влиянием явно определённых событий в режиме реального времени.

Основным элементом модели являются диаграммы ДКА, на которых наглядно отображаются состояния, события и функции перехода применяемых электрических аппаратов.

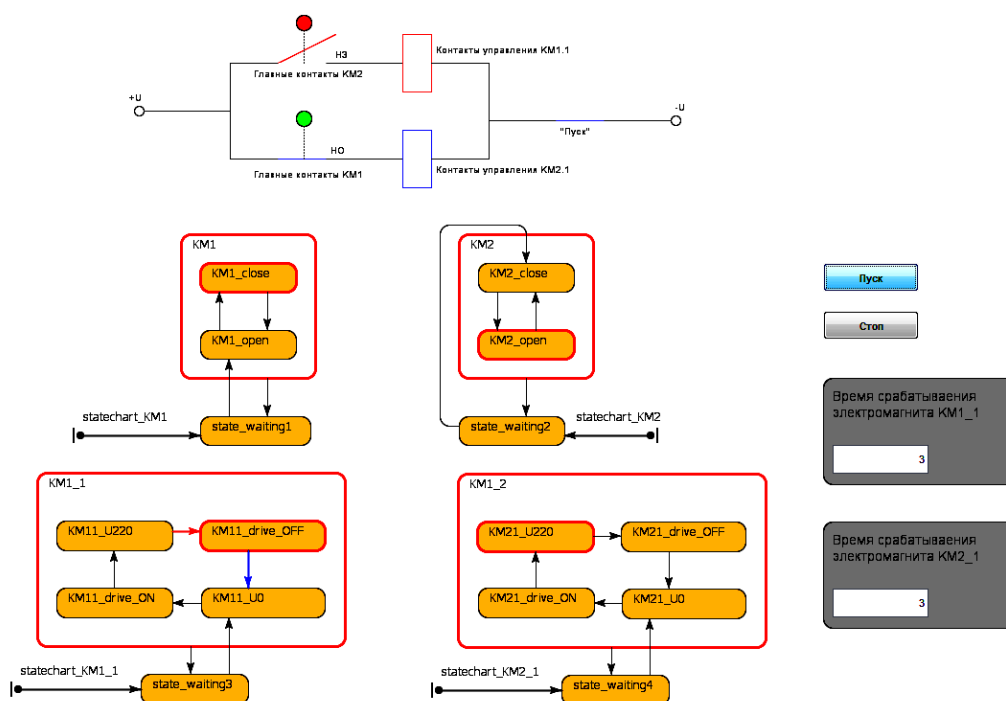


Рис. 2. Моделирование работы пульс-пары

Модель каждого контактора представляет собой две диаграммы состояний: главных силовых контактов и катушки управления. Диаграмма состояний катушки управления контактора содержит четыре состояния: якорь отпущен, якорь притянут и два состояния, определяющие время движения якоря. Диаграмма состояний главных силовых контактов тоже содержит четыре состояния: контакты замкнуты, контакты разомкнуты, и два состояния, определяющие время коммутации контактов (время движения якоря).

Возможности визуализации программного комплекса AnyLogic позволяют имитировать установку в силовую цепь светосигнальных элементов, загорание которых свидетельствует о замкнутом положении главных контактов контактора.

В модели добавлена возможность менять время срабатывания электромагнитов катушек управления обоих контакторов. Это даёт возможность проанализировать работу пульс-пары при разных схемах управления. Например, задержка срабатывания может привести к состоянию, когда оба контактора одновременно включены или одновременно выключены. Регулирование времени этой задержки позволяет, например, менять интервал включения мигающих огней. Текущие состояния контакторов отображены на стойтчартах (диаграммах состояний в AnyLogic).

Стоит отметить, что анализ логики работы этой системы с помощью формального описания возможен только составлением диаграмм состояний. Реализация интерактивной логической модели аппаратных комплексов позволяет сделать анализ логики работы применяемого схемного решения.

4. МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КАК ЗАМЕНА ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА РЕАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ

Одновременное использование большого числа часто непривычных устройств требует наличия инструмента для верификации применяемых схемных решений как на стадии проектирования систем электроснабжения, так и в процессе эксплуатации.

Специалисты проектных организаций должны быть уверены в безошибочности разработанного решения, а сотрудники служб эксплуатации должны иметь возможность анализировать работу системы и предвидеть возможные варианты развития событий.

Моделирование систем электроснабжения позволяет определить корректность работы предложенных схемных решений, выявить критические события каждого схемного решения, а также его преимущества и недостатки. При этом нет необходимости создавать реальные модели или прототипы этих систем, поскольку можно выполнить виртуальное имитационное моделирование.

Как уже было сказано для разработки моделей систем взаимодействующих аппаратов необходимо иметь формальное описание работы каждого применяемого устройства.

На рис. 3 представлена диаграмма состояний автоматического выключателя Acti9 iC60 производства компании Schneider Electric с подключённым устройством управления iC60 RCA, выполненная в комплексе имитационного моделирования AnyLogic. Красным цветом подсвечено текущее состояние устройства и переход, в результате которого устройство оказалось в текущем состоянии.

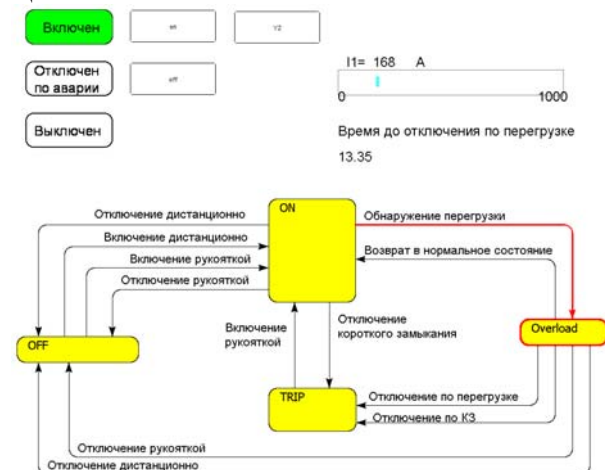


Рис. 3. Диаграмма состояний автоматического выключателя Acti9 iC60 с подключённым устройством управления iC60 RCA в AnyLogic

Электрический аппарат в модели представляется объектом, имеющим следующие характеристики:

- известен список возможных внутренних состояний, с каждым из которых может быть ассоциирован один или несколько выходных сигналов;
- известен список входных сигналов, которые могут вызвать переход от одного внутреннего состояния к другому;
- помимо входных сигналов на поведение аппарата могут оказать влияние некоторые внешние условия (например, наличие напряжения на некоторой линии), которые сами по себе не могут вызвать переход между состояниями аппарата, но определяют возможность этих переходов.

На стойтчарте автоматического выключателя iC60 с подключённым устройством управления RCA отображается текущее состояние выключателя, событие, которое вызвало переход выключателя в текущее состояние. Также на диаграмме отображаются события, которые могут произойти, если не будет никаких изменений состояния системы (например, отключение автоматического выключателя по перегрузке, если ток не уменьшится до номинального значения). Стойтчарт (диаграмму состояний) можно считать расширенным графом переходов конечного автомата.

Переходы между состояниями срабатывают при наступлении строго определённых событий. Так, например, автомат переходит в состояние "Overload" при наступлении события $In < I$.

Полное описание модели автоматического выключателя Acti9 iC60 с подключённым устройством управления iC60 RCA есть в [4].

Для разработки модели системы взаимодействующих аппаратов необходимо объединить все модели устройств, а также учесть работу логических элементов (например, интеллектуальных реле).

Рассмотренная модель автоматического выключателя Acti9 iC60 с подключённым устройством управления iC60 RCA может быть успешно применена при моделировании системы АВР.

Модель системы АВР позволяет имитировать реакцию взаимодействующих аппаратов на внешнее воздействие. Под внешним воздействием понимается любое изменение параметров системы электроснабжения, а также дистанционное или местное управление автоматическими выключателями.

Для лучшего зрительного восприятия режима работы питающей линии в модели выполнена индикация режима работы питающей линии. Данная индикация сигнализирует о наличии напряжения на вводе или о его отсутствии (или неисправности) [4].

В электрической сети возможны следующие виды внешних воздействий, которые могут быть смоделированы:

- неисправность питающей линии на первом вводе;
- восстановление нормального режима работы на первом вводе;
- неисправность питающей линии на втором вводе;
- восстановление нормального режима работы на втором вводе;
- короткое замыкание на участке линии ввод-нагрузка;
- перегрузка по току на участке линии ввод-нагрузка.

Моделирование систем позволяет проанализировать их надёжность и применимость. Например, анализ полученных результатов показал, что отсутствие механических и электрических блоки-

ровок на предлагаемом схемном решении может привести к одновременному включению двух вводов, т.е. к аварии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представление работы электрических аппаратов в виде ДКА позволяет выполнить моделирование работы как отдельных электрических аппаратов, так и, что значительно важнее, аппаратных комплексов.

Применение в качестве среды моделирования комплекса имитационного моделирования AnyLogic позволяет подробно изучить и определить критические события в любой системе, до её реального создания.

Отличительной особенностью комплекса является возможность интерактивного взаимодействия с учебной моделью без установки специального программного обеспечения. Модели могут быть экспортированы в виде Java-приложений или размещены на веб-сайте и открыты любым браузером.

Наглядность и интерактивный характер моделей в среде Any Logic способствуют развитию навыков исследования в процессе формирования компетенций академических бакалавров и магистров, а также навыков наладки и эксплуатации для формирования компетенций прикладных бакалавров и инженеров, повышающих квалификацию.

К настоящему моменту разработаны учебные интерактивные обучающие модели схем взаимодействия автоматических выключателей с логической селективностью и модульного автоматического выключателя с внешним приводом и удалённым микропроцессорным управлением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хопкрофт, Джон, Э., Мотвани, Раджив, Ульман, Джеффри, Д. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений. — 2-е изд.: пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. 528 с.
2. Каминский Е.А. Практические приёмы чтения схем электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 1988.
3. Грузевский Д.В., Калашникова А.В., Годжелло А.Г. Применение графов конечных автоматов для организации логического управления автоматическими выключателями // Вестник МЭИ. 2011.
4. Кукин Е.А. Низковольтные комплектные устройства на основе дистанционно управляемых автоматических выключателей: Магистерская диссертация. 2014.

P.V. Murzakaev, E.A. Kukin, A.G. Godzhello

MurzakayevPV@gmail.com; Evgenij.Kukin@gmail.com; Godzhello.A@yandex.ru
National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

STUDY OF BEHAVIOUR INTERACTING ELECTRICAL APPARATUS WITH USE COMPUTER MODELS OF AUTOMATA

SUMMARY

The report is dedicated to modern approaches to the study of the operation of complicated electrical apparatus and apparatus complexes. Traditional methods of description the logic of operation analyzed. Examples solutions of the problem engineering education with use AnyLogic software are shown.

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»

АННОТАЦИЯ

Разработан лабораторно-практический комплекс на базе среды программирования CoDeSys. Методическое пособие лабораторно-практического комплекса содержит методические указания по среде программирования CoDeSys, варианты заданий для выполнения лабораторных и практических работ, пример автоматизации процесса управления водоотливной установкой.

ВВЕДЕНИЕ

Современный рынок средств автоматизации и управления производственными процессами представлен широким спектром оборудования и сред программирования промышленных логических контроллеров (ПЛК). Многообразие ПЛК с различными функциональными, техническими, конструктивными характеристиками настолько велико, что разработчики систем автоматизации зачастую оказываются перед нелёгким выбором: какое оборудование наилучшим образом подойдёт для решения той или иной задачи. Наиболее широко на территории стран СНГ используется оборудование для автоматизации и управления технологическими процессами таких ведущих мировых фирм, как Schneider Electric, Mitsubishi Electric, Siemens, ОВЕН. Поэтому изучение студентами специальности «Электроэнергетика» сред программирования ПЛК, принципов построения систем автоматизации на базе данного оборудования является актуальной задачей [1].

1. АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТЕНДА

Предлагаемый лабораторно-практический комплекс разработан на базе оборудования фирмы ОВЕН и среды программирования CoDeSys.

ПЛК фирмы ОВЕН построены на современной цифровой элементной базе, имеют мощные аппаратные ресурсы и предназначены для решения задач автоматизации средней сложности. Существенным отличием контроллеров российской фирмы ОВЕН от контроллеров, разработанных западными производителями, является лучшее соотношение цены и качества, а также возможность использования данного оборудования без наличия специальных навыков владения иностранным языком [2].

В настоящей работе описывается стенд средств промышленной автоматики, разработанный на базе оборудования фирмы ОВЕН. Для данного стенда были проведены расчёты по подбору переменных резисторов, используемых для управления аналоговыми величинами, разработаны структурная, функциональная, принципиальная схемы стенда (рис. 1).

Стенд включает в себя следующие элементы: ПЛК 154-А-М, твёрдотельное реле, панель оператора ИП320, однофазный мультиметр МЭ110-224.1М, блок питания БП30-Д03. ПЛК 154-А-М позволяет разрабатывать системы автоматизации технологических процессов для объектов, имеющих не более четырёх аналоговых входов/выходов и четырёх дискретных входов/выходов. Используя однофазный мультиметр, можно измерить напряжение, силу тока, частоту, мощность фазового угла и коэффициента мощности в однофазных сетях, провести преобразование измеренных параметров в цифровой код и передать результаты измерений в сеть RS-485. Панель оператора ИП 320 графически

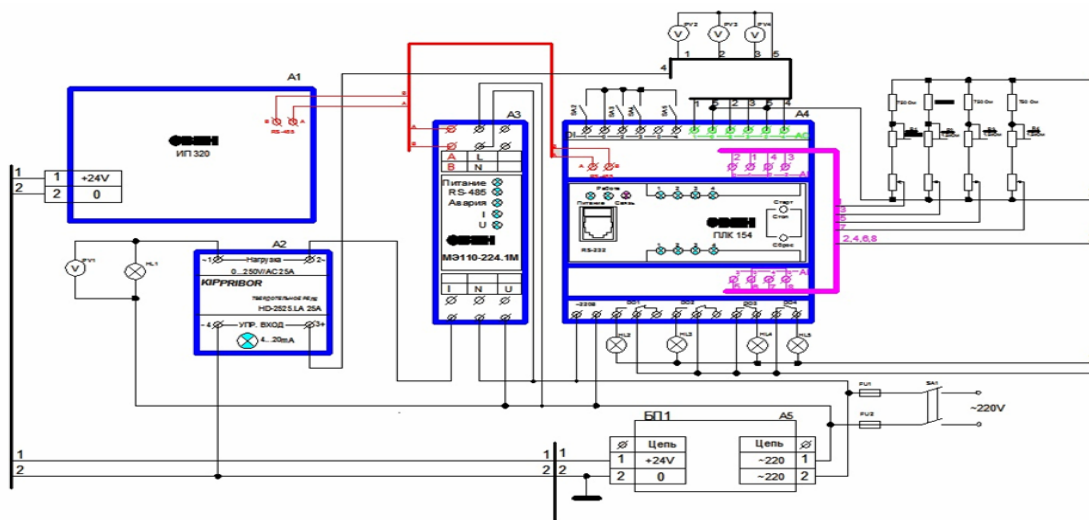


Рис. 1. Принципиальная схема стенда

отображает значения аналоговых и дискретных переменных. Достоинством данной панели является возможность управления входами/выходами контроллера напрямую. Твёрдотельное реле линейно преобразует сигнал тока (4—20 мА) в угол открытия тиристора, что даёт возможность непрерывно регулировать напряжение и управлять яркостью лампы накаливания. Также на стенде установлены вольтметры, переменные резисторы, тумблеры и светодиоды, подключаемые к ПЛК. Программирование и подключение дополнительных модулей осуществляется посредством трёх интерфейсов Ethernet, RS-232 и RS-485

2. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТЕНДА

Программное обеспечение лабораторно-практического комплекса создано в среде программирования CoDeSys. Среда CoDeSys относится к универсальным средам программирования контроллерного оборудования. С её помощью при наличии соответствующего драйвера, существует возможность программирования линейек контроллеров, произведённых фирмами дальнего и ближнего зарубежья, в том числе и контроллеров фирмы ОВЕН.

CoDeSys представляет пользователям спектр редакторов и отладочные средства базирующихся на широко известных и хорошо себя зарекомендовавших принципах, знакомых по другим популярным средам профессионального программирования, например таким, как Visual C++ [3, 4].

Основным преимуществом среды CoDeSys является также и то, что в ней представлены встроенные специализированные редакторы языков программирования стандарта МЭК 61131-3: Ladder Diagram (LD); Function Block Diagram (FBD); Structured Text (ST); Instruction List (IL); Sequential Function Chart (SFC) и дополнительный CFC-редактор, основанный на FBD.

Для лабораторно-практического комплекса было разработано методическое пособие, которое содержит методические указания по среде программирования CoDeSys, варианты заданий для выполнения лабораторных и практических работ и пример автоматизации процесса управления водоотливной установкой с программным комплексом, написанным на языках стандарта МЭК.

Демонстрационная программа панели управления стенда визуализирует сигнал с датчика давления в виде тренда (графика). На данную панель может быть выведено значение полной мощности, потребляемое лампой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практическая значимость данного проекта заключается в повышении качества учебного процесса за счёт:

- использования современных средств для автоматизации производственных процессов;
- изучения основ работы с ПЛК при создании систем диспетчеризации и контроля;
- возможности работы с аналоговыми и дискретными физическими переменными;
- закрепления полученных знаний на практике в процессе выполнения лабораторных и практических работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Минаев И.Г., Шарапов В.М., Самойленко В.В., Ушкур Д.Г. Программируемые логические контроллеры в автоматизированных системах управления. — 2-е изд., перераб. и доп. Ставрополь: АГРУС, 2010. 128 с.
2. Руководство по эксплуатации оборудования фирмы «ОВЕН». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.owen.ru/documents/79730224>
3. Руководство пользователя по программированию ПЛК в CoDeSys/ ПК Пролог (Русская редакция), 2006 г. 453 с.
4. Визуализация CoDeSys. Дополнение к руководству пользователя по программированию ПЛК в CoDeSys 2.3/ ПК Пролог (Русская редакция), 2006 г. 83 с.

G.I. Parshina, D.K. Zumagulova, D.A. Chen, A.N. Safronova, R.M. Gainutdinov

pgalina05@mail.ru; appdinara@mail.ru
Karaganda State Technical University, Karaganda

THE DEVELOPMENT OF LABORATORY-PRACTICAL COMPLEX FOR STUDENTS OF «ELECTRIC ENERGY» SPECIALTY

SUMMARY

Development of laboratory complex based programming environment CoDeSys. Methodical manual of laboratory practice complex contains guidance on the CoDeSys programming environment, the options of tasks to perform laboratory and practical works, an example of process automation control drainage equipment.

ТРЕНАЖЁРЫ ДЛЯ ЗАДАЧ ЛИНЕЙНОЙ АЛГЕБРЫ

АННОТАЦИЯ

В докладе обсуждаются программы-тренажёры по линейной алгебре, охватывающие наиболее трудоёмкие задачи: умножение прямоугольных матриц, вычисление определителей, построение обратной матрицы. Во всех задачах контроль проводится после каждого введённого символа. Предложенные тренажёры существуют в виде зарегистрированных программ и могут быть использованы как для выработки навыков решения задач у студентов, так и для электронной проверки правильности выполняемыми ими вычислений в контрольных работах.

ВВЕДЕНИЕ

Задачи линейной алгебры не являются сложными, но достаточно трудоёмки за счёт многочисленных арифметических операций, которые необходимо выполнить студентам для получения конечных результатов. Преподаватели вынуждены проверять не только алгоритмы вычислений, но и сами вычисления, т.е. выполнять неквалифицированную работу, связанную с поиском арифметических ошибок. Именно для таких задач в первую очередь необходимы тренажёры. Под тренажёром здесь понимается электронный контроль каждого текущего вводимого символа с выводом комментария об ошибке, если она совершается.

В линейной алгебре наиболее трудоёмкими являются три задачи: умножение прямоугольных матриц, вычисление определителя и построение обратной матрицы. Для каждой из этих задач разработана и зарегистрирована в фонде алгоритмов и программ СО РАН программа-тренажёр со свободным доступом [1—3].

В качестве языка программирования высокого уровня выбран Java как наиболее простой и удобный язык для данных задач [4].

1. УМНОЖЕНИЕ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ МАТРИЦ

При умножении матриц пользователь должен сначала выбрать структуру матрицы C . На рис. 1 приведено окно программы [1], когда структура матрицы уже выбрана.

Первоначально матрица C состояла из одного элемента. Далее тренажёр предлагает провести вычисление каждого элемента. После завершения вычислений текущей матрицы необходимо добавить в данном случае 30 баллов к общей сумме (рис. 2). У пользователя есть выбор: он может не добавлять промежуточный результат к текущей сумме, если в ходе вычислений допущено много

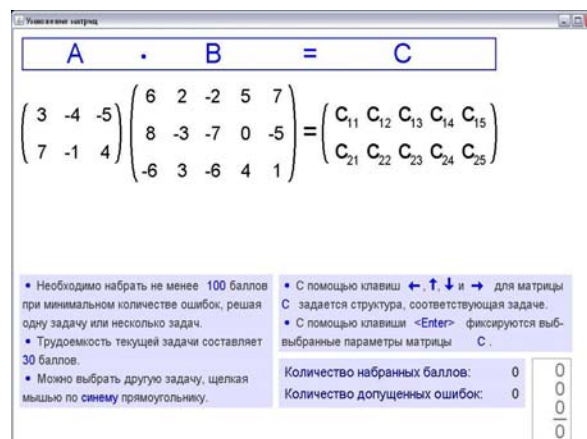


Рис. 1. Выбор структуры матрицы C

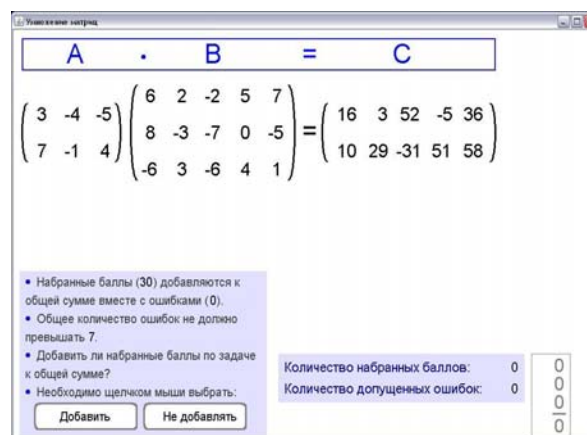


Рис. 2. Окончание вычислений текущей матрицы C

ошибок. После сохранения набранных баллов программа генерирует новую пару матриц, и процесс вычислений повторяется. Трудоёмкость вычислений определяется количеством парных произведений. Матрицы A и B достигают наибольшего размера, когда являются квадратными с порядком, равным 5. В данном случае трудоёмкость задачи составляет больше 100 баллов. Поскольку задача умножения матрицы на вектор является важной, а трудоёмкость в баллах незначительна, в качестве исключения все баллы для такой задачи удваиваются.

В одном комплексе с программой-тренажёром [1] находится программа, интерактивно иллюстрирующая процесс перемножения матриц. Подобные типы программ могут быть использованы на лекциях или семинарах [5].

2. ВЫЧИСЛЕНИЕ ОПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ

В качестве определителя в тренажёре предлагается определитель 4-го порядка. На рис. 3 приведено промежуточное состояние программы

тренажёра [2], когда щелчком мыши по двум элементам, принадлежащим в данном случае второму столбцу, выбран ряд разложения.

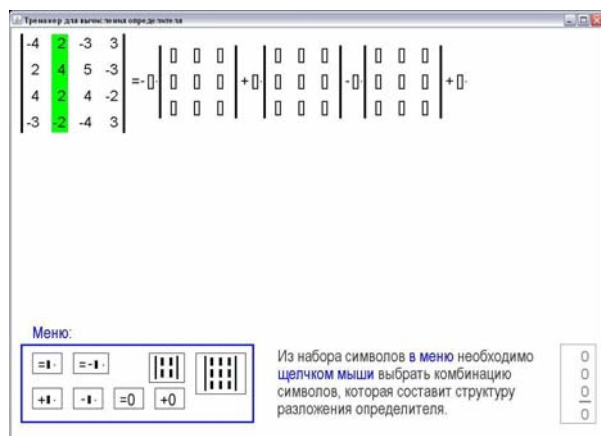


Рис. 3. Построение структуры разложения определителя 4-го порядка по второму столбцу

Затем щелчком мыши составляется структура разложения определителя 4-го порядка с учётом необходимых знаков. С помощью меню можно реализовать случаи, когда ряд разложения содержит нули. После составления структуры разложения меню исчезает и появляется курсор, который указывает место ввода чисел из определителя 4-го порядка. Далее для каждого определителя 3-го порядка выбирается ряд разложения и с помощью меню составляется структура разложения с использованием определителей 2-го порядка (рис. 4).

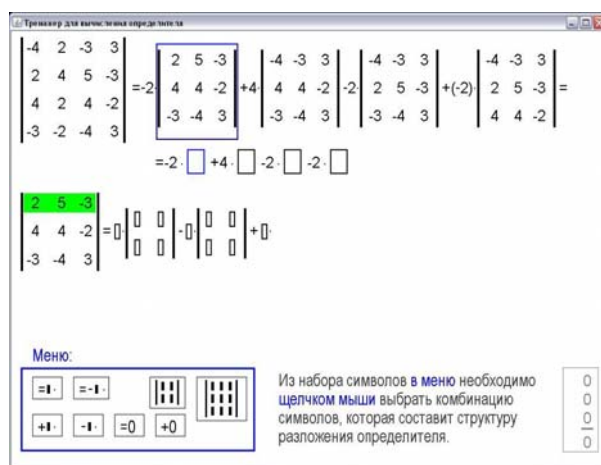


Рис. 4. Построение структуры разложения определителя 3-го порядка по первой строке

После заполнения числами структуры разложения текущего определителя 3-го порядка тренажёр предлагает заменить определители 2-го порядка их значениями.

Далее остаётся вычислить текущий определитель 3-го порядка как сумму парных произведений (рис. 5). Вычисленное значение автоматически подставляется в структуру для определителя 4-го порядка, которая, в конечном счёте, тоже будет представлена суммой парных произведений. В одном

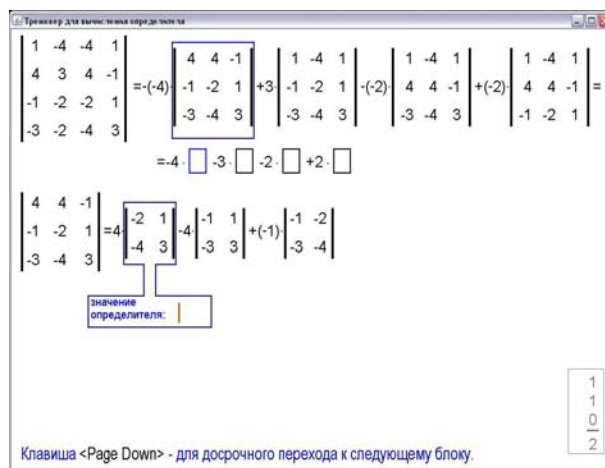


Рис. 5. Преобразование разложения определителя 3-го порядка к сумме парных произведений

комплексе [2] с программой-тренажёром представлена программа с интерактивной иллюстрацией вычисления определителя 4-го порядка.

3. ПОСТРОЕНИЕ ОБРАТНОЙ МАТРИЦЫ

Тренажёр, контролирующий процесс построения обратной матрицы, содержит 6 последовательных блоков. В первом блоке выбирается порядок матрицы от 2-го до 4-го и контроль не проводится. Матрица второго порядка представляет интерес, поскольку алгебраические дополнения к элементам матрицы не являются определителями.



Рис. 6. Выбор структуры элемента обратной матрицы

Во втором блоке из 7 формул, выраженных через элементы, алгебраические дополнения и определитель матрицы, выбирается одна правильная формула (рис. 6). Переход к следующему блоку осуществляется после одного правильного щелчка, в противном случае фиксируется ошибка.

В третьем блоке соответствующие алгебраические дополнения к элементам исходной матрицы расставляются по местам в обратной матрице (рис. 7). Матрица из алгебраических дополнений должна быть транспонированной. В данном случае программа обрабатывает каждый из 9 щелчков мыши по соответствующему алгебраическому дополнению. В четвёртом блоке последова-

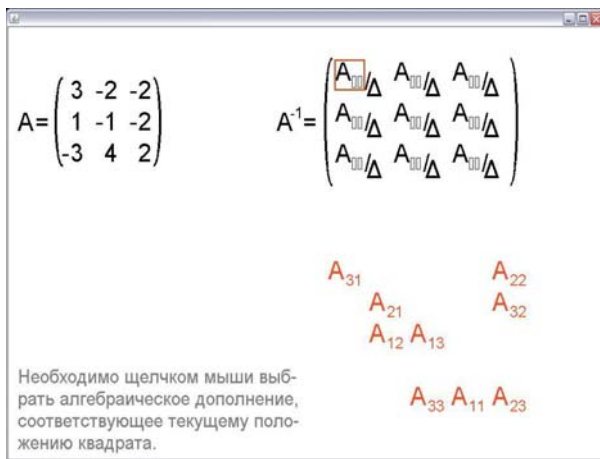


Рис. 7. Заполнение обратной матрицы алгебраическими дополнениями

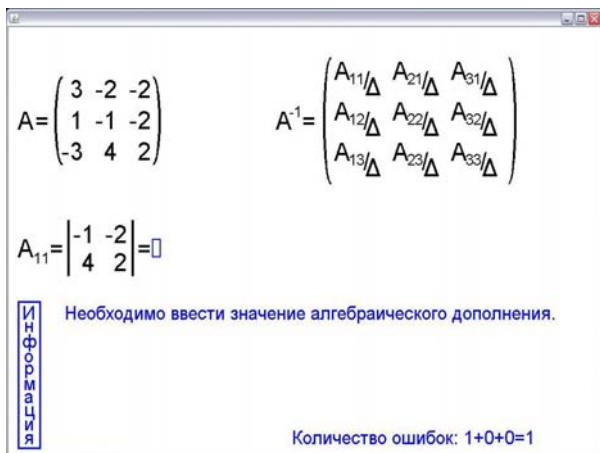


Рис. 8. Вычисление алгебраических дополнений для обратной матрицы

только вычисляются значения алгебраических дополнений (рис. 8). Ввод элементов построен таким образом, чтобы исключить подсказку о знаке вводимого элемента. Для матрицы 4-го порядка ошибки по каждому из 16 алгебраических дополнений фиксируются отдельно. Если очередное алгебраическое дополнение вычислено без ошибок, то в качестве бонуса вычитается одна ошибка из общей суммы, но только в том случае, когда сумма отлична от 0. Тестирование показало, что для построения обратной матрицы 2-го порядка требуется 1 мин, для матрицы 3-го порядка — примерно 4 мин, для матрицы 4-го порядка — примерно 36 мин, но при условии, если пользователь владеет теоретическим материалом. Программа не обрабатывает нажатие произвольных клавиш, что исключает случайные ошибки. В итоге необходимо нажимать в определенной последовательности клавиши с цифрами, с заглавной и строчной буквой «m» для ввода разделителей определителей 3-го и 2-го порядка соответственно. Информацию о нажимаемых клавишах можно вывести в отдельной области окна при щелчке по прямоугольнику со словом «информация». Данную область буксировкой мыши

можно переместить в любое место окна или убрать, повторно щелкая по прямоугольнику.

После вычисления текущего алгебраического дополнения оно автоматически занимает соответствующее место в структуре обратной матрицы.

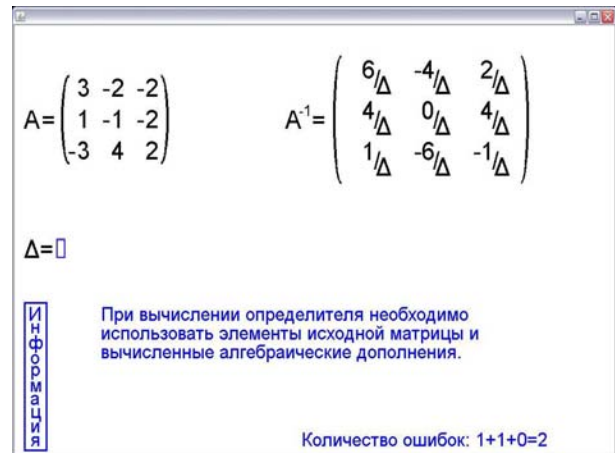


Рис. 9. Переход в программе к вычислению определителя

В пятом блоке вычисляется определитель как сумма парных произведений (рис. 9). Все алгебраические дополнения уже известны, поэтому в разложении определителя по любому ряду вместо алгебраических дополнений необходимо использовать их значения. Вычисленное значение определителя должно занять места знаменателей 9 элементов матрицы. Для этого последовательно запускается два или три потока. С помощью первого потока длина строки с вычислениями определителя последовательно уменьшается, пока в ней не останется только окончательное значение определителя. С помощью второго потока 9 копий модуля определителя движутся к обратной матрице, чтоб занять места знаменателей элементов матрицы (рис. 10). Третий поток запускается в случае, когда определитель имеет отрицательное значение. С помощью этого потока будут двигаться знаки «минус», каждый из которых, подходя к элементу обратной матрицы, инвертирует его знак.

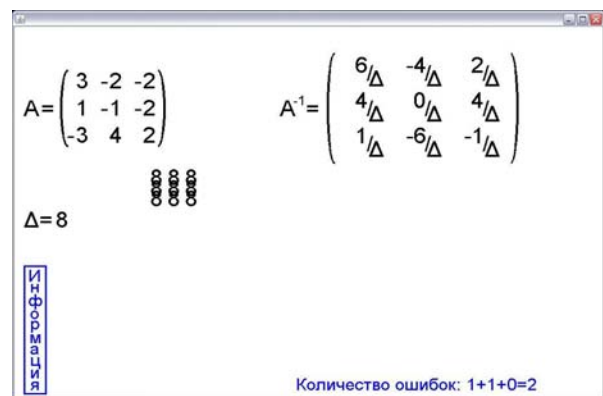


Рис. 10. Подстановка значений определителя в знаменатели элементов обратной матрицы

При вычислении алгебраических дополнений для матрицы 4-го порядка каждый из 16 определителей 3-го порядка может быть вычислен с помощью разложения по любому ряду, т.е. тренажёр обрабатывает любой вариант разложения. Если пользователь в процессе тренировки не знает, какую нажать клавишу, то с помощью клавиши «Enter» можно вывести нужный символ, но ценой ошибки.

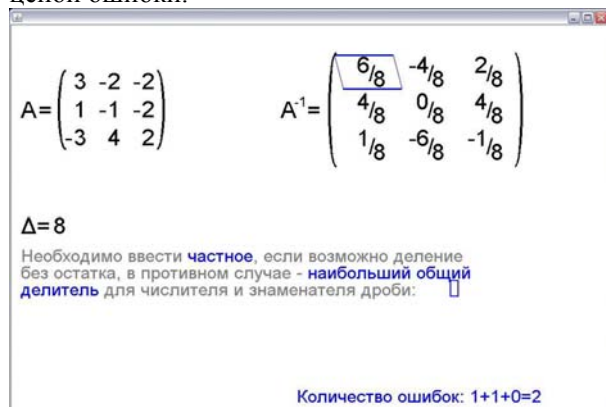


Рис. 11. Сокращение дробей элементов обратной матрицы

В шестом блоке для каждого элемента осуществляется или целочисленное деление, или сокращение дроби (рис. 11).

Элементы обратной матрицы генерируются такими, чтобы её определитель не был равным нулю, поскольку в противном случае необходимость в тренажёре отпадает. Конечно, традиционно процесс построения обратной матрицы начинается с вычисления определителя, и если он равен нулю, решение прекращается. Однако такая задача не связана с процессом построения обратной матрицы. В подходе, который используется в тренажёре, каждый раз генерируется нетривиальный случай задачи, поэтому определитель вычисляется после нахождения всех алгеб-

раических дополнений, чтобы можно было использовать его разложение по любому ряду.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе рассмотрены тренажёры для задач линейной алгебры. Причём выбраны самые трудоёмкие задачи: умножение матриц, вычисление определителя, построение обратной матрицы. В тренажёрах в основном используется клавиатура, т.е. моделируется процесс написания решения в тетрадах. Использование щелчка мыши, например при построении структур разложения определителя или структуры обратной матрицы, упрощает работу тренажёров. Предложенные тренажёры разгружают преподавателя от неквалифицированной работы, связанной с проверкой вычислений для указанных задач линейной алгебры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Попов А.А.** Комплекс программ для интерактивной иллюстрации и контроля электронного решения задачи умножения прямоугольных матриц // Фонд алгоритмов и программ СО РАН. 2013. Свидетельство о регистрации программы № PR13034.
2. **Попов А.А.** Комплекс программ для интерактивной иллюстрации и контроля решения задачи вычисления определителя // Фонд алгоритмов и программ СО РАН. 2013. Свидетельство о регистрации программы № PR13035.
3. **Попов А.А., Бакланова Н.Б., Майорова С.В.** Тренажёр для контроля процесса построения обратной матрицы // Фонд алгоритмов и программ СО РАН. 2015. Свидетельство о регистрации программы № PR15006.
4. **Ноутон Н., Шилдт Г.** Java 2. СПб.: БХВ-Петербург, 2003.
5. **Попов А.А.** Программирование на языке Java приложений для сопровождения и иллюстрации лекций // «Информатизация инженерного образования ИНФОРИНО — 2014»: Труды международной научно-практической конференции, 2014. С. 121—122.

A.A. Popov, N.B. Baklanova

apopov@vvoi.ru, bnb@vvoi.ru

Mary State University, Yoshkar-Ola

SIMULATORS FOR LINEAR ALGEBRA PROBLEMS

SUMMARY

In the report the programs software simulators for linear algebra covering the most labor-consuming tasks are discussed: multiplication of rectangular matrixes, calculation of determinants and creation of the inverse matrix. In all tasks control is made after each entered symbol. The offered software simulators exist in the form of the registered programs and can be used as for development of skills of the solution of tasks at students, and for electronic check of correctness carried out by them calculations in examinations.

НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО ФИЗИКЕ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены некоторые направления модернизации методики учебного лабораторного практикума по общей физике в техническом вузе, ставшие актуальными в связи с падением рейтинга естественнонаучных дисциплин в школе и, как следствие, снижением уровня базовой подготовки абитуриентов по физике при одновременном возрастании уровня их компьютерной грамотности.

ВВЕДЕНИЕ

Учитывая современные тенденции реорганизации системы среднего образования в России, в настоящее время можно с уверенностью говорить о ряде качественных изменений как в подготовке выпускников средних школ по физике, так и об изменении рейтинга учебных дисциплин среди школьников. За последнее десятилетие физика как учебная дисциплина потеряла свои приоритетные позиции в России. Как показывает входное тестирование первокурсников, средний уровень подготовки по физике даже среди поступивших в технические вузы недостаточен для эффективного освоения вузовской программы. Поэтому на первом курсе вводятся различные корректирующие мероприятия. При этом снижение навыков экспериментальных исследований более существенно, чем снижение уровня теоретической подготовки. На фоне падения интереса школьников к физике наблюдается значительный рост интереса к информатике в плане повседневного использования персональных компьютеров [1]. Этот интерес стимулирует постоянный рост компьютерной грамотности.

Учитывая эти тенденции, методика проведения занятий по курсу общей физики в вузе, в частности — лабораторного практикума, нуждается в существенной модернизации, особенно на первом курсе. Опыт педагогической работы преподавателей и сотрудников кафедры экспериментальной физики Национального исследовательского Томского политехнического университета (ТПУ) показал, что можно выделить следующие направления модернизации лабораторного практикума по физике.

1. ИЗМЕНЕНИЕ РОЛИ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОСОБИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Как правило, методические пособия к лабораторным работам содержат изложение теоретического материала, позволяющего объяснить физи-

ку изучаемого явления или процесса, а также рекомендации по порядку выполнения работы. В большинстве случаев теоретический материал излагается достаточно подробно, так как общепринятая практика проведения лабораторных работ предполагает случайную последовательность работ, направленную на обеспечение оптимальной загруженности лабораторного оборудования.

Порядок выполнения работы традиционно излагается в методических пособиях кратко. Это длительное время объяснялось наличием у студентов элементарных навыков выполнения физических опытов, приобретённых ими при изучении школьного курса физики. В настоящее время, когда физика изучается в старших классах общеобразовательной школы в разном объёме в зависимости от выбранного профиля, количество студентов, имеющих опыт самостоятельного выполнения физических экспериментов в начале обучения в технических вузах, становится катастрофически незначительным. Поэтому применение принятых ранее укороченных форм методических указаний для последовательности настройки оборудования и выполнения измерений в современных обстоятельствах приводит к непониманию студентами выполняемых ими во время лабораторных работ операций. Это необходимо учитывать не только при подготовке методических указаний к технически и содержательно новым лабораторным работам, разработкой и внедрением которых занимаются преподаватели большинства крупных вузов. Анализ степени понимания и восприятия студентами традиционных хорошо зарекомендовавших себя работ показал, что использование этих работ в учебном процессе требует в настоящее время от преподавателя дополнительных пояснений, не изложенных в методических указаниях. Иначе говоря, преподаватели вынуждены устно компенсировать неполноту этих указаний.

Особую актуальность приобретает перенос акцентов в методических пособиях на методику выполнения экспериментальных исследований. Необходимо при описании хода работы обоснованно разъяснять не столько последовательность, сколько принципы проводимых измерений, подчёркивать, какие действия экспериментатора могут привести к повышению погрешности полученных им экспериментальных данных, что необходимо, чтобы этого избежать. К сожалению, до сих пор в большинстве методических указаний к выполне-

нию лабораторных работ эти вопросы слабо отражены. Поэтому при выполнении лабораторных работ у студентов не возникает понимания методики выполненных ими экспериментов.

Необходимо не только подробно и обоснованно изложить последовательность выполнения работы, но и обеспечить основания для обобщения полученных при выполнении нескольких работ навыков. Поэтому целесообразно представить описание хода каждой работы в двух видах: краткий ход работы, детальное описание хода работы (желательно с сохранением одинаковой нумерации). Не имеющие навыков самостоятельного проведения экспериментов студенты часто нуждаются в пояснениях относительно выполнения того или иного этапа работы. Если эти пояснения изложены в разделе методического пособия «Подробное описание хода работы», то изучив нужный пункт (рис. 1), студенты приобретут уверенность в правильности своих действий по этому поводу. Со временем, при накоплении опыта, у них всё реже будет возникать потребность в обращении к подробному описанию отдельных пунктов работы, руководствуясь только кратким их изложением. Но для прочного освоения методики экспериментальных исследований необходимо глубокое понимание каждой из выполняемых операций. Отсутствие же возможности получить пояснения по отдельным этапам выполнения работы, которое обусловлено наличием только краткого изложения хода работы, характерным для традиционной структуры методических пособий, ведёт к большому количеству методических ошибок, совершаемых студентами на начальных этапах выполнения работ лабораторного практикума, к нервозности и неуверенности в результатах своей деятельности.

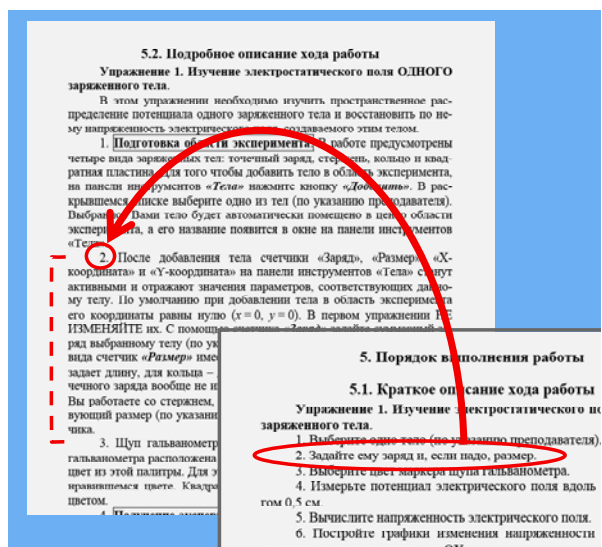


Рис. 1. Сочетание краткого и подробного описания хода работы в методике выполнения лабораторных работ по физике

Методические указания к имеющимся на кафедре экспериментальной физики ТПУ лабораторным работам были размещены на сайте кафедры http://portal.tpu.ru:7777/departments/kafedra/tief/met_hod_work/method_work2. Это позволило преподавателям оперативно вносить изменения в пособия, используемые в учебном процессе, опираясь на выявленные на практике особенности восприятия и понимания студентами отдельных аспектов методики выполнения конкретных лабораторных работ. Такой динамический анализ и корректировка позволили сформировать оптимальную структуру и уровень детализации различных разделов учебного пособия с целью наиболее эффективного формирования у студентов навыков экспериментальных исследований.

2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦ ДЛЯ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ И ОЦЕНКИ ПОГРЕШНОСТЕЙ

Постоянно возрастающая компьютерная грамотность студентов [1] открывает дополнительные возможности в изменении методики проведения занятий лабораторного практикума по физике при обработке результатов измерений. В настоящее время многие студенты имеют элементарные навыки использования электронных таблиц, таких, например, как MS Excel. В отличие от расчётов на калькуляторах все операции и числовые данные в электронных таблицах документируются. Это позволяет преподавателю легче находить и точнее объяснять допущенные студентами ошибки. Опыт показывает, что использование электронных таблиц существенно сокращает время, необходимое студентам для обработки результатов экспериментов, предоставляя дополнительные возможности для анализа физической сущности полученных результатов. Некоторые физические эксперименты, например по статистической физике, требуют обширных однотипных расчётов. Ошибки в таких расчётах существенно затемяют физическую суть изучаемых явлений. Применение электронных таблиц для таких расчётов позволит сократить количество случайных ошибок в них, вызванных утомлением или невнимательностью. Это даёт возможность введения в лабораторный практикум новых работ, от которых ранее приходилось отказываться из-за громоздкости расчётов.

Для того чтобы стимулировать студентов к использованию электронных таблиц с самых первых дней обучения в вузе, достаточно дополнить методические указания к выполнению лабораторных работ небольшими пояснениями по этому поводу. Большинство студентов, поступивших в технический вуз, имеют элементарные навыки записи математических формул в строку с учётом приоритета. Поэтому для корректных расчётов в

электронных таблицах необходимо напомнить им синтаксис записи некоторых элементарных математических функций и его особенности в MS Excel. Для статистической оценки погрешности измерений полезно познакомить студентов со встроенными функциями вычисления среднего арифметического СРЗНАЧ, среднеквадратичного отклонения КВАДРОТКЛ и коэффициента Стьюдента СТЬЮДРАСПОБР (для русифицированной версии MS Excel) [2]. Пример использования некоторых стандартных функций MS Excel приведен на рис. 2.

Учитывая, что представление результатов экспериментальных исследований в графическом виде, анализ и интерпретация полученных графиков являются одной из важнейших составляющих экспериментальных исследований как метода познания, при выполнении многих лабораторных работ студенты должны строить графики. Освоение этого вида деятельности сопровождается типичными ошибками, результатом которых становятся неточные и неинформативные графики, не позволяющие выполнить качественный анализ и интерпретацию изучаемых физических зависимостей. Использование мастера диаграмм MS Excel [2] позволяет существенно скорректировать процесс приобретения навыков построения физически информативных графиков за счёт детальной настройки области построения, осей диаграммы, добавления сглаживающих кривых (прямых), что очень важно при отображении экспериментальных данных, имеющих случайную погрешность.

	A	B	C	D	E	F
1	a, мм	b, мм	h, мм			
2	12,7	12,7	14,8			
3	12,7	12,8	14,9			
4	12,7	12,9	14,7			
5	Средние значения					
6	<a>		<h>			
7	12,70	12,80	14,80			
8						
9	0,0000	0,0200	0,0200	Сумма квадратов Σ		
10	0,0000	0,0577	0,0577	Среднеквадратичное отклонение		

Рис. 2. Использование стандартных функций MS Excel при обработке результатов измерений и оценке погрешностей

Для эффективного использования электронных таблиц в лабораторном практикуме можно не только добавить соответствующие рекомендации в методические указания к отдельным лабораторным работам (особенно содержащим наиболее трудоемкие расчёты), но и подготовить учебное пособие, описывающее особенности ис-

пользования MS Excel для обработки результатов физических экспериментов [2]. Оно также может быть размещено на сайте кафедры.

3. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ МОДЕЛЕЙ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ НА КОМПЬЮТЕРЕ

Общая компьютерная грамотность студентов на уровне пользователей персональных компьютеров позволяет рассматривать компьютерную реализацию моделей физических явлений и процессов как развивающееся дидактическое средство. Абстрактный характер физической теории хорошо коррелирует с идеальными условиями виртуальной реальности, в которой реализуются физические модели на компьютере. Физически грамотное компьютерное воспроизведение теоретических моделей, дополненное методикой исследования, позволяет создавать такие дидактические средства. У бывших школьников нет опыта исследования идеальных теоретических моделей физических явлений и процессов в условиях виртуальной реальности [1], как нет и опыта умозрительного анализа большого объёма теоретического материала. Поэтому значительную развивающую роль будут иметь именно дидактические средства, которые позволят студентам получить навыки анализа абстрактного теоретического материала во внешней предметной (материализованной) деятельности, например в форме компьютерных лабораторных работ.

Для технической поддержки предлагаемой студентам методики исследования моделей каждая работа должна содержать набор виртуальных инструментов, позволяющих получить необходимую физически значимую информацию о модели. Виртуальный характер измерений позволяет абстрагироваться от конкретных измерительных приборов, сконцентрировавшись на принципиальной возможности и методах измерений. Такой подход позволяет закрепить и углубить изучение теоретического материала, а также раскрывает дополнительные возможности изучения различных методик измерений в условиях виртуальной реальности. На кафедре экспериментальной физики ТПУ на основе педагогических исследований преподавателей и сотрудников разработана концепция комплекса компьютерных лабораторных работ по изучению моделей физических процессов и явлений на компьютере. Работы, соответствующие данной концепции, демонстрируют связующую роль моделирования между теорией и экспериментом, позволяют конкретизировать и обобщать знания студентов, детализировать методику измерений.

Постановка содержательно или методически новых лабораторных работ всегда представляла собой длительный трудоёмкий и творческий про-

цесс, не всегда гарантирующий достижение планируемых результатов. Компьютерные лабораторные работы по физике могут рассматриваться как подготовительный этап создания новых работ натурального практикума [3]. Для этого компьютерные лабораторные работы должны воспроизводить физические модели планируемых экспериментов. В процессе подготовки новой лабораторной работы необходимо подобрать адекватную физическую модель. Воспроизведение её на компьютере позволит понять и заранее спрогнозировать насколько тонким или грубым окажется изучаемый физический эффект, при каких условиях он может наблюдаться в учебной лаборатории, какие технические характеристики будущей установки являются принципиальными при использовании данной модели для адекватного описания физического явления или процесса. В этом случае компьютерная модель должна носить не иллюстративный, качественный характер, а предельно приближённый к реальным условиям. Тогда на основе данной модели ещё до создания натурной установки можно подготовить полную лабораторную работу, в которой студенты будут изучать физическую модель некоторого явления на компьютере. Использование в учебном процессе такой компьютерной лабораторной работы позволит оценить степень восприятия студентами предлагаемого теоретического материала (теоретического описания физической модели), отработать методику исследований и измерений, необходимых для изучения данного явления или процесса в идеальной ситуации, воспроизводимой на компьютере. На основании опыта использования компьютерной лабораторной работы в учебном процессе должны быть сформированы основные принципиальные требования для создания соответствующей лабораторной установки, техническая реализация которой внесёт, конечно, определённые коррективы в методику её выполнения, предложенную на подготовительном этапе. После внедрения новой лабораторной установки в учебный процесс не стоит отказываться и от использования компьютерной

лабораторной работы. В результате лабораторный практикум пополнится новым многогранным исследованием, которое может начинаться, например, с исследования модели при выполнении компьютерной лабораторной работы, затем продолжится натурными исследованиями на экспериментальной установке. В завершении исследования можно провести семинар по обсуждению результатов измерений и адекватности предложенной модели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате учёта достаточно очевидных в настоящее время особенностей подготовки молодых людей, поступивших в вуз и приступающих к изучению такой фундаментальной дисциплины как курс общей физики, возросла заинтересованность студентов и преподавателей в выполнении учебных физических экспериментов. Деятельность студентов стала более осознанной, появилось стремление к получению более точных экспериментальных данных, повысилась глубина анализа студентами своих результатов. Очень востребованным оказалось размещение методических указаний к выполнению лабораторных работ на сайте кафедры. Наличие электронной версии методических указаний существенно облегчает подготовку студентов к занятиям, повышает их мобильность и самостоятельность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ревинская О.Г., Кравченко Н.С.** Актуальность изучения физических моделей на компьютере в курсе общей физики // Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования — ИНФОРИНО—2014» (Москва, 15—16 апреля 2014 г.) 604 с. М.: Издательство МЭИ, 2014. С. 559—562.
2. **Кравченко Н.С., Ревинская О.Г.** Методы обработки результатов измерений и оценки погрешностей в учебном лабораторном практикуме: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. 86 с.
3. **Ревинская О.Г., Кравченко Н.С.** Концепция развития лабораторного практикума по общей физике на основе дидактической модели научных экспериментальных исследований // Инновации в образовании. 2014. № 1. С. 93—106.

O.G. Revinskaya, N.S. Kravchenko

ogr@tpu.ru; kravchenkons@tpu.ru

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk

DIRECTIONS OF MODERNIZATION OF A LABORATORY PRACTICAL WORK IN PHYSICS IN TECHNICAL UNIVERSITY

SUMMARY

Some directions of modernization of technique of a study laboratory practical work on general physics in technical universities, which became actual due to decrease rating of natural sciences at school and, as a consequence, to decrease level of basic preparation entrants in physics, at simultaneous increasing their level of computer literacy, were considered.

ВИРТУАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ НА ШИНАХ 10 кВ ПОНИЖАЮЩИХ ПОДСТАНЦИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ НАПРЯЖЕНИЕМ 110—220 кВ» ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ»

АННОТАЦИЯ

Описана виртуальная лабораторная работа по исследованию регулирования напряжения на шинах 10 кВ понижающих подстанций электрической сети напряжением 110—220 кВ, предназначенная для формирования профессиональных компетенций у студентов, обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

ВВЕДЕНИЕ

Применение в учебном процессе виртуальных лабораторных работ позволяет учесть европейские тенденции по усилению прикладной направленности подготовки бакалавров, которая обеспечивается большой долей лабораторных и практических занятий, и по оптимизации процесса обучения за счёт рационального перераспределения времени между аудиторными и внеаудиторными занятиями, реализуемого увеличением доли контролируемой самостоятельной работы студентов [1, 2].

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Выпускник-бакалавр по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» должен обладать определёнными профессиональными компетенциями (ПК), в состав которых для производственно-технологической деятельности включены [3]:

- способность рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности (ПК-6);
- готовность обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике (ПК-7).

Формирование данных компетенций осуществляется в том числе и при изучении студентом одной из базовых дисциплин направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» — «Электроэнергетические системы и сети».

Для обеспечения заявленных [3] требований, обязательных для выполнения вузами, была разработана виртуальная лабораторная работа «Регулирование напряжения на шинах 10 кВ понижающих подстанций электрической сети напряжением 110—220 кВ», которая реализована в среде разработки Microsoft Visual Studio 2010 на языке объектно-ориентированного программирования C# (Си-Шарп).

2. ОПИСАНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Целью лабораторной работы является исследование возможностей регулирования напряжения в нормальных и послеаварийном режимах на шинах 10 кВ подстанций электрической сети напряжением 110—220 кВ (рис. 1).

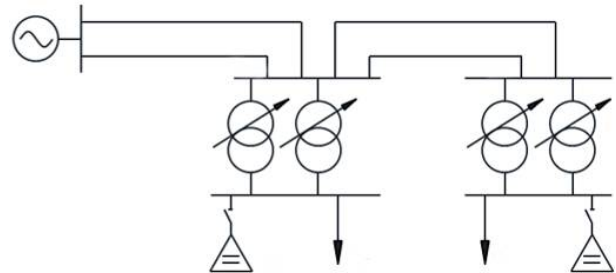


Рис. 1. Схема моделируемой электрической сети

В работе регулирование напряжения осуществляется с помощью изменения коэффициента трансформации понижающих трансформаторов и регулируемых батарей статических конденсаторов, установленных на шинах 10 кВ подстанций, в нормальных режимах наибольших и наименьших нагрузок и в послеаварийном (отключение одной цепи линий).

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

При запуске лабораторной работы следует ввести данные пользователя (группа и Ф.И.О. студента), которые необходимы для создания отчёта с результатами работы. После ввода информации о пользователе появляется окно задания исходных данных.

Интерфейс и порядок ввода исходных данных аналогичны предыдущей лабораторной работе по данному курсу [4].

Окно «Задание исходных данных» состоит из трёх вкладок: «Параметры ЛЭП», «Параметры ПС» и «Параметры нагрузки».

Во вкладке «Параметры ЛЭП» (рис. 2) задаются номинальное напряжение электропередачи (110—220 кВ), марка провода АС и длина воздушной линии. В левой нижней части блока «Параметры ЛЭП» для заданного номинального напряжения и марки провода выводятся справочные данные (удельные параметры) провода ЛЭП.

В правой части этого же блока пользователю предлагается ввести расчётные параметры воздушной линии.

Во вкладке «Параметры ПС» (рис. 3) необходимо выбрать тип трансформаторов понижающих ПС и ввести их расчётные параметры.

Во вкладке «Параметры нагрузки» (рис. 4) необходимо выбрать тип представления нагрузки на шинах 10 кВ подстанций и ввести соответствующие параметры нагрузки.

При задании параметров сети соответствующая информация отображается на схеме сети автоматически (рис. 5).

После задания всех исходных данных станет доступной кнопка «Перейти к расчёту режимов» (рис. 4), нажав на которую, можно перейти в окно «Расчёт режимов» со схемой замещения сети (рис. 6). Все расчётные параметры, введённые

пользователем в окне «Задание исходных данных», отображаются на схеме замещения сети. Для трансформаторов изначально принят номинальный коэффициент трансформации.

После выбора типа режима станет доступной кнопка «Режим», нажатием на которую осуществляют расчёт выбранного режима. В качестве первого режима необходимо рассчитать режим наибольших нагрузок. После расчёта этого режима станут доступны кнопка «Подключить БСК», кнопка «Вывести данные в таблицу», поле изменения коэффициентов трансформации, поле ввода мощности батарей статических конденсаторов и характерные узлы (1—9) на схеме замещения (рис. 6). Значения зарядных мощностей, генерируемых линиями, автоматически отображаются на схеме замещения после расчёта соответствующего режима.

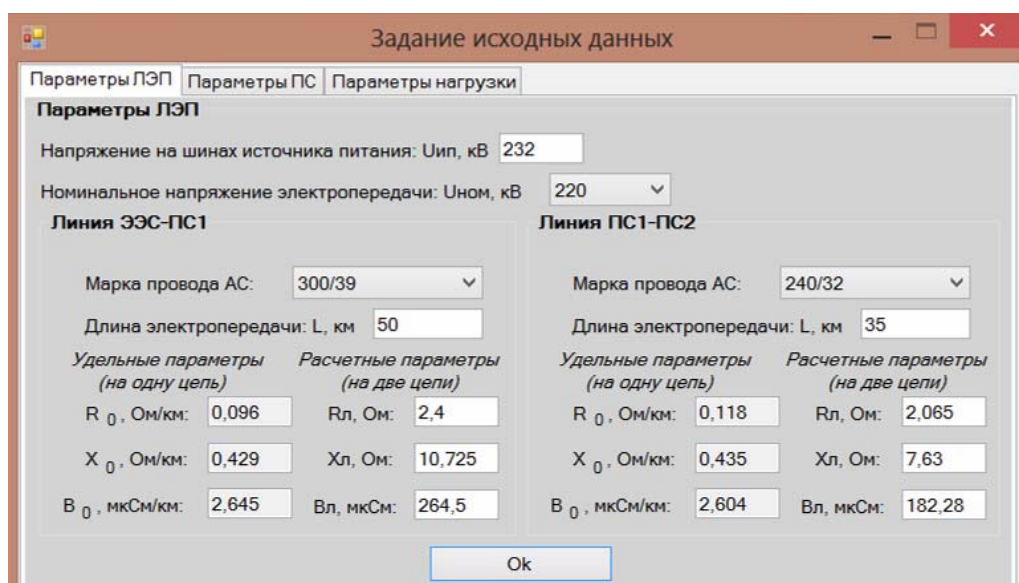


Рис. 2. Окно задания исходных данных (вкладка «Параметры ЛЭП»)

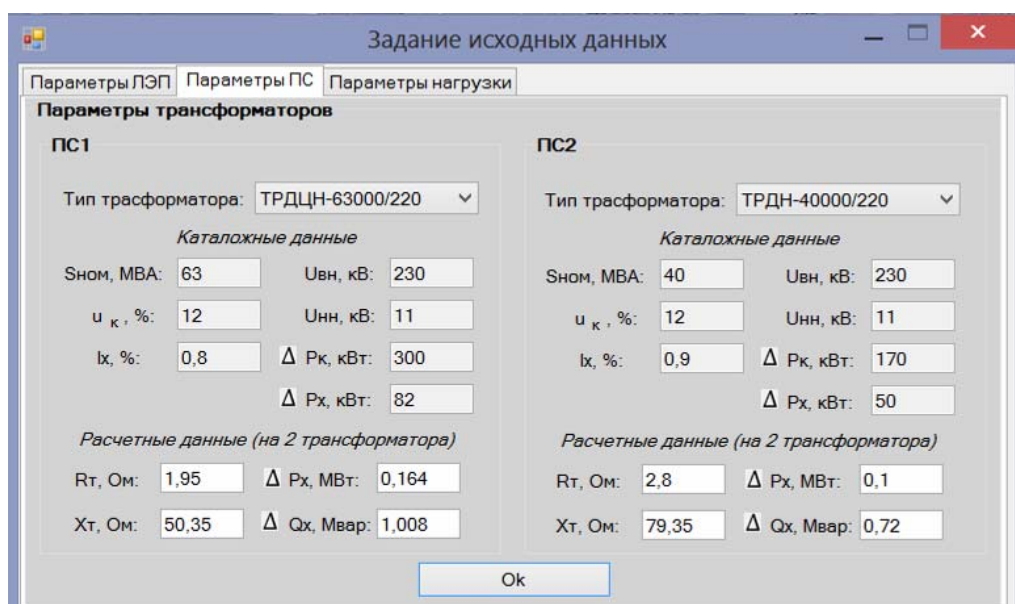


Рис. 3. Окно задания исходных данных (вкладка «Параметры ПС»)

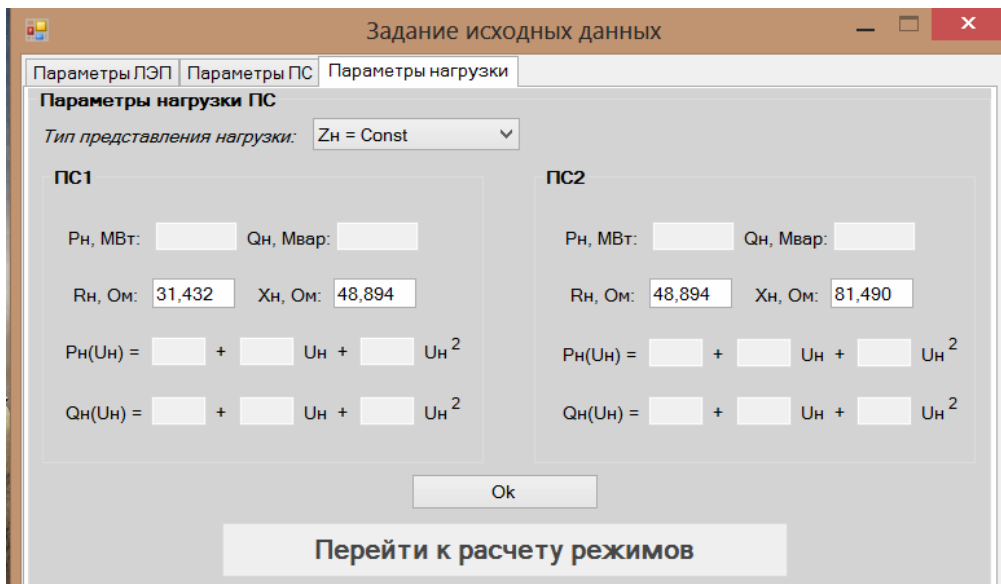


Рис. 4. Окно задания исходных данных (вкладка «Параметры нагрузки»)

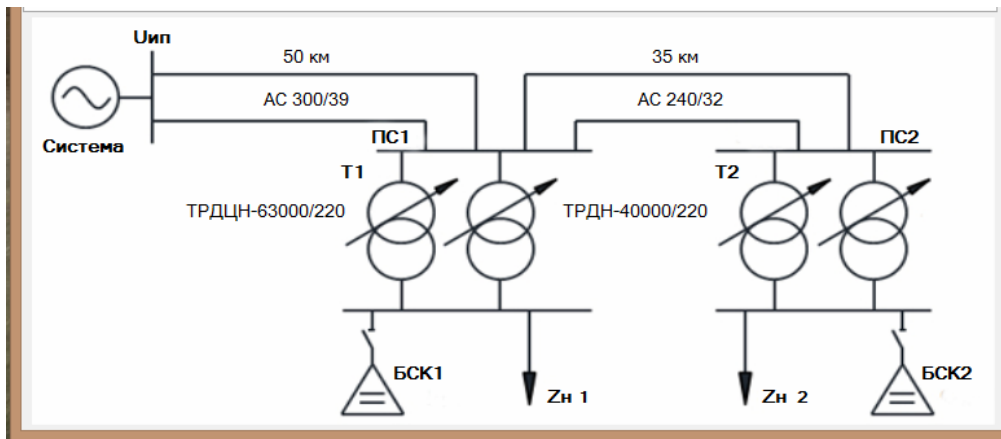


Рис. 5. Схема сети окна задания исходных данных

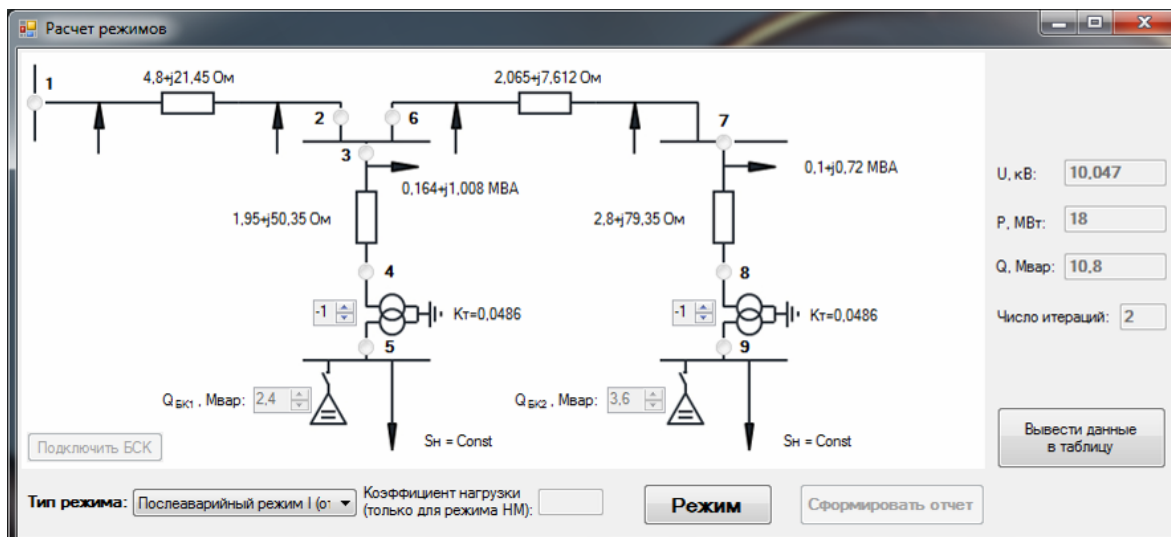


Рис. 6. Окно расчета режимов сети

Для измерения параметров режима необходимо выбрать соответствующий узел на схеме замещения (1—9) либо нажать на кнопку «Вывести данные в таблицу». В первом случае в правой стороне окна отобразятся параметры режима для выбран-

ного узла (рис. 6), а во втором — появится окно с параметрами режима для всех узлов.

Регулирование напряжения на шинах 10 кВ осуществляется двумя способами — изменением коэффициента трансформации трансформаторов

и регулированием реактивной мощности, вырабатываемой батареями статических конденсаторов на шинах 10 кВ. Регулирование напряжения с помощью батарей статических конденсаторов доступно только в режиме наибольших нагрузок. В режиме наименьших нагрузок регулирование напряжения на шинах 10 кВ возможно только за счёт изменения коэффициента трансформации. Если в предыдущем режиме были подключены батареи статических конденсаторов, то в режиме наименьших нагрузок они будут автоматически отключены и появится соответствующее сообщение.

Послеаварийные режимы работы моделируются отключением одной цепи одной из двухцепных линий (ветвь 1—2 или ветвь 6—7). При этом на схеме замещения изменяются значения сопротивлений соответствующих ветвей. В качестве начальных значений для расчёта послеаварийных режимов работы сети используются значения, полученные в результате расчёта режима наибольших нагрузок. Регулирование напряжения на шинах 10 кВ в послеаварийных режимах работы сети доступно только при помощи изменения коэффициента трансформации. Если коэффициент трансформации достигнет допустимых границ, а на шинах 10 кВ уровень напряжения будет неудовлетворительным, то необходимо вернуться к расчёту режима наибольших нагрузок и изменить реактивную мощность, вырабатываемую батареями статических конденсаторов, так, чтобы в послеаварийных режимах обеспечивался требуемый уровень напряжения на шинах 10 кВ.

Кнопка «Сформировать отчёт» становится доступной только после расчёта всех установившихся режимов работы электрической сети. Отчёт о результатах расчётов формируется в файле *.docx, в который входят параметры режима по узлам, выведенные в соответствующие таблицы для каждого из рассчитываемых режимов.

По результатам выполнения лабораторной работы студенты должны провести анализ результатов и сделать выводы: как влияет изменение коэффициента трансформации трансформаторов

и компенсация реактивной мощности с помощью батарей статических конденсаторов на напряжении на шинах 10 кВ; как изменяются параметры режима и условия регулирования напряжения при переходе от одного режима к другому.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение разработанной виртуальной лабораторной работы в учебном процессе способствует активизации студентов в получении и закреплении ими профессиональных знаний, умений и навыков и формированию и развитию профессиональных компетенций, а также позволяет существенно увеличить вариативность исходных данных для большей индивидуализации самостоятельной работы студента.

Однако необходимо осознавать, что виртуализация лабораторных работ не должна приводить к полному отказу от «традиционных» лабораторных работ на физических моделях, а должна их гармонично дополнять. В противном случае формирование одних результатов обучения будет происходить в ущерб другим, таким как постановка и проведение эксперимента, сборка электрических схем и т.п.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Боровкова А.М., Кондратьева О.Е., Росляков П.В., Шведов Г.В.** Опыт реализации болонского процесса в университетах Германии // Вестник МЭИ. 2013. № 4. С. 228—234.
2. **Егорова Л.Е., Кондратьева О.Е., Росляков П.В., Шведов Г.В.** Задачи повышения качества российского высшего технического образования // Вестник МЭИ. 2013. № 5. С. 169—173.
3. **Федеральный** государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (уровень бакалавриата), утв. Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 3 сентября 2015 г. № 955.
4. **Шведов Г.В., Василенко Е.С.** Виртуализация лабораторной работы по дисциплине «Электроэнергетические системы и сети» // ИНФОРИНО-2014: Труды международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования» (15—16 апреля 2014 г.). М.: Издательство МЭИ, 2014. С. 387—390.

G.V. Shvedov, E.S. Vasilenko

shvedovgv@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

VIRTUAL LEARNING CLASS «VOLTAGE CONTROL ON SUBSTATIONS 110—220/10 kV» FOR ELECTRICAL POWER SYSTEMS AND GRIDS COURSE

SUMMARY

This paper describes a virtual learning class dedicated to the analysis of voltage control on substations 110—220/10 kV. This learning class nourishes professional competences of students in the field of Electrical power engineering.

СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

АННОТАЦИЯ

В работе поставлена и решена задача создания виртуальной экспериментальной установки для диагностики программного обеспечения многофункциональных вычислительных систем реального времени. Представлены алгоритмы функционирования экспериментальной установки, алгоритм оптимизации настроек программных динамических преобразователей и модели метрологических характеристик программного обеспечения.

ВВЕДЕНИЕ

Особенно актуальными для современных систем автоматического управления являются задачи предварительной проверки эффективности алгоритмов контроля, управления и текущей идентификации математических моделей объектов управления. Эти задачи могут решаться только методами имитационного моделирования на исследовательских стендах, создаваемых специально для этих целей.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

Измерительные каналы виртуальной экспериментальной установки должны имитировать передачу и обработку измерительной информации в реальном масштабе времени. При этом тестируемые информационно-измерительные и управляющие подсистемы АУС ТП представляет собой распределённую сеть математических моделей как объекта управления, так и технических средств автоматизации. В таких стендах метрологические характеристики тестируемого технического средства автоматизации (блок 5 на рис. 1) полностью определяются режимами работы программного обеспечения стенда. Стенд как программно-технический комплекс функционирует следующим образом. Истинные значения измеряемой физической величины $X(t)$ и помеха измерения $N(t)$ моделируются в блоке 1 на основе применения идеи формирующего фильтра, когда высокочастотная цифровая последовательность, подаваемая на вход динамического звена с постоянной времени T_f , преобразуется в случайную цифровую последовательность с экспоненциальной автокорреляционной функцией [1, 2].

На рис. 1 представлена функциональная схема стенда, согласно которой по модели изменения истинного значения физической величины $X(t)$, генерируется случайная цифровая последователь-

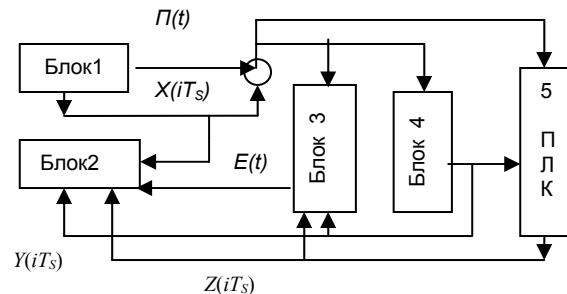


Рис. 1. Функциональная схема стенда.

ность с аддитивно наложенной помехой: $X(iT_s) + П(iT_s)$. Цифровая последовательность моделируется по моделям и алгоритмам из работы [2] в блоке 1 и поступает в блок 2 для визуализации на вторичном приборе, в блок 3 на статистическую обработку и в блок 4 для вычисления положения рабочей точки объекта управления по эталонной математической модели объекта управления. Одновременно цифровая последовательность поступает на вход модуля ввода аналоговой информации программируемого логического контроллера (ПЛК, блок 5) для измерения физической величины и участия в алгоритмах идентификации рабочей математической модели, критерия эффективности функционирования объекта управления и адаптации управляющего воздействия к реальным условиям функционирования объекта управления. Реализации имитирующие работу объекта управления (блок 4, $Y(iT_s)$), имитируемые реализации входных переменных (блок 1), $X(iT_s) + П(iT_s)$) и тренды, получаемые в результате работы ПЛК (блок 5, $Z(iT_s)$), подаются на визуализацию в блок 2 и статистическую обработку в блок 3 для количественной оценки метрологических характеристик измерительных каналов ПЛК. Блок 2 предназначен для визуализации всех цифровых последовательностей, включая случайную функцию динамических составляющих ошибки обработки оцифрованной измерительной информации, $E(t)$.

2. МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ СТЕНДА

Допущение о равномерности распределения фазы момента начала измерения $f(kT_c)$ модулем ввода аналоговой информации позволяет методическую динамическую составляющую ошибки визуализации измеряемой физической величины в текущий момент времени $\Delta_2(jT_s)$ считать ста-

ционарной случайной величиной [2]. При этом текущее значение измеряемой физической величины будет описываться случайной величиной $X((i+k)T_C)$, а цифровая последовательность из N значений измеряемой физической величины запишется как

$$X((i+k)T_C) = \sum_{i=0}^N [X_u((i+k)T_C) + \Delta_1((i+k)T_C)],$$

где $X(iT_C)$ – текущее значение измеряемой физической величины; $X_u(iT_C)$ — истинное текущее значение измеряемой физической величины; $\Delta_1[(i+k)T_C]$ — текущее значение методической динамической составляющей ошибки измерения; T_C — интервал времени между двумя соседними измерениями как настроечный коэффициент модуля ввода аналоговой информации; $f(kT_C)$ — случайная фаза начала k -го измерения; iT_C — реальное время наступления события измерения; При этом соответствие k -й случайной фазы i -му моменту реального времени начала измерения вычисляется по соотношению $k = E[T_C/T_S]$, где E — операция взятия целой части числа, а период опроса датчика T_S , много больше времени измерения T_C . Аналогично при выводе измерительной информации на регистрацию образуется цифровая последовательность, которая описывает показания вторичного прибора в виде последовательности из N измеренных и оцифрованных значений:

$$X(jT_S) = \sum_{j=0}^N [X_u(jT_S) + \Delta_1(jT_S) + \Delta_2(jT_S)],$$

где jT_S — реальное время наступления события измерения; T_S — интервал времени между двумя соседними измерениями (период опроса датчика), $\Delta_2(jT_S)$ — текущее значение методической динамической составляющей ошибки визуализации измеряемой физической величины при обработке оцифрованной информации исследуемым алгоритмом. Представленные модели цифровых последовательностей позволяют записать модель цифровой последовательности текущих значений автокорреляционной функции l -й реализации показаний эталонного измерительного прибора следующим образом [2]:

$${}^l K_Y(iT_S) = \sum_{j=0}^N \sum_{k=0}^N h_Y(kT_S) \times \\ \times h_Y(jT_S) [{}^l K_X(i-j+k)T_S],$$

где $h_Y(kT_S)$ — текущее значение динамической характеристики эталонного измерительного канала; $K_X[(i-j+k)T_S]$ — текущее значение автокорреляционной функции измеряемой физиче-

ской величины величины; $K_{II}[(i-j+k)T_S]$ — текущее значение автокорреляционной функции помехи измерения; T_S – период опроса датчиков как настроечный коэффициент модуля вывода аналоговой информации (регистратора).

Модель цифровой последовательности текущих значений автокорреляционной функции l -й реализации показаний программно-аппаратного измерительного прибора может быть записана в виде [2]

$${}^l K_Z(iT_S) = \sum_{j=0}^N \sum_{k=0}^N h_Z(kT_S) \times \\ \times h_Z(jT_S) [{}^l K_X\{(i-j+k)T_S\} + \\ + {}^l K_{II}\{(i-j+k)T_S\}],$$

где $h_Z(jT_S)$ — элемент массива динамической характеристики программно-аппаратного измерительного канала.

Текущие значения взаимной корреляции l -й последовательности показаний эталонного прибора и l -й последовательности показаний программно-аппаратного прибора могут быть вычислены по математической модели [2]:

$${}^l K_{YZ}(iT_S) = \sum_{j=0}^N \sum_{k=0}^N h_Y(kT_S) \times \\ \times h_Z(jT_S) [{}^l K_X(i-j+k)T_S].$$

3. ОПТИМИЗАЦИЯ НАСТРОЕК ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В информационно-измерительных и управляющих системах основными настройками программного обеспечения являются T_C — время измерения как настроечный коэффициент модуля ввода аналоговой информации; T_S — интервал времени между двумя соседними измерениями (период опроса датчика), как настроечный коэффициент модуля вывода аналоговой информации (регистратора); N — длина массива обрабатываемой реализации. Физический смысл этих настроек вытекает непосредственно из допущений в математических моделях измерительной информации и допущений, принятых при формировании моделей цифровых последовательностей. Эти настройки и допущения позволяют рассматривать цифровую последовательность ошибок обработки оцифрованной измерительной информации в реальном масштабе времени $E(jT_S)$ в классе случайных стационарных эргодических процессов. Это даёт возможность представить эталонную математическую модель автокорреляционной функции ошибки динамического преобразования измерительной информации в реальном масштабе времени следующим образом [2]:

$$\begin{aligned}
K_E(\tau) = & \int_0^\infty \int_0^\infty h_Y(\nu) h_Y(\mu) K_X(\tau - \mu + \nu) d\nu d\mu - \\
& - \int_0^\infty \int_0^\infty h_Z(\nu) h_Y(\mu) K_X(\tau - \mu + \nu) d\nu d\mu - \\
& - \int_0^\infty \int_0^\infty h_Y(\nu) h_Z(\mu) K_X(\tau - \mu + \nu) d\nu d\mu + \\
& + \int_0^\infty \int_0^\infty h_Z(\nu) h_Z(\mu) [K_X(\tau - \mu + \nu) + \\
& + K_\Pi(\tau - \mu + \nu)] d\nu d\mu,
\end{aligned}$$

где $K_X(\tau)$ — эталонная модель автокорреляционной функции измеряемой физической величины; $K_\Pi(\tau)$ — эталонная модель автокорреляционной функции аддитивной помехи; $h_Y(\nu)$ — модель динамической характеристики эталонного измерительного канала; $h_Z(\nu)$ — модель динамической характеристики виртуального эталонного измерительного канала (виртуального вторичного прибора). Модель виртуального прибора представляет собой свёртку динамических характеристик элементов, входящих в структуру применяемого измерительного канала, начиная от чувствительного элемента с первичным преобразователем и заканчивая регистратором. Таким образом, учитывая чётные свойства автокорреляционных функций, линейные свойства моделей формирования цифровых последовательностей и линейные свойства интегральных преобразований в измерительном канале, задачу оптимизации настроек программного обеспечения информационно-измерительных и управляющих систем можно представить как задачу поиска минимальной оценки дисперсии ошибки обработки оцифрованной измерительной информации:

$$\begin{cases}
\min \sigma_E^2 = \\
h_Z(j) \\
= \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N h_Y(i) R_X(j-i) h_Y(j) - \\
- \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N h_Y(i) R_X(j-i) h_Z(j) - \\
- \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N h_Z(i) R_X(j-i) h_Y(j) + \\
+ \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N h_Z(i) (R_X(j-i) + \\
+ R_\Pi(j-i)) h_Z(j),
\end{cases}$$

где $h_Z(i)$ — элемент массива весовых коэффициентов идентифицируемой динамической характеристики программного динамического преобра-

зователя (виртуального прибора); $h_Y(i)$ — элемент массива весовых коэффициентов эталонного динамического преобразователя; $K_X(i,j)$, $K_\Pi(i,j)$ — автокорреляционные матрицы измеряемой физической величины и помехи; N — длина массивов.

При решении задачи обязательны следующие допущения и ограничения на функцию окна [2]:

а) при синтезе полосовых фильтров:

$$\begin{cases}
h_Y(j) = [1(0), \dots, 0(j), \dots, 0(N)]^T; \\
h_Z(j) = [h_Z(0), \dots, h_Z(j), \dots, h_Z(N)]^T; \\
\sum_{j=0}^N h_Z(j) = 1;
\end{cases}$$

б) при синтезе динамических компенсаторов произвольной структуры:

$$\begin{cases}
h_Y(j) = \left[\frac{1}{N}(0), \dots, \frac{1}{N}(j), \dots, \frac{1}{N}(N) \right]^T; \\
h_Z(j) = [h_Z(0), \dots, h_Z(j), \dots, h_Z(N)]^T; \\
\sum_{j=0}^N h_Z(j) = 1.
\end{cases}$$

Кроме того, автокорреляционные матрицы измеряемой физической величины и помехи должны быть симметричны относительно диагонали квадратной матрицы, чтобы не нарушались чётные свойства моделей измерительной информации и помехи:

а) для модели измерительной информации автокорреляционная матрица формируется как

$$R_X(i, j) = \begin{bmatrix} R(0), R(1), \dots, R(N) \\ R(1), R(0), \dots, R(N-1) \\ \dots, \dots, \dots, \dots \\ R(N), R(N-1), \dots, R(0) \end{bmatrix};$$

б) для модели помехи как

$$R_\Pi(i, j) = \begin{bmatrix} \Pi(0), \Pi(1), \dots, \Pi(N) \\ \Pi(1), \Pi(0), \dots, \Pi(N-1) \\ \dots, \dots, \dots, \dots \\ \Pi(N), \Pi(N-1), \dots, \Pi(0) \end{bmatrix},$$

где $R(j)$ — оценка элемента массива автокорреляционной функции измеряемой физической величины; $\Pi(j)$ — оценка элемента массива автокорреляционной функции помехи для соответствующей измеряемой физической величины.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, диагностика работоспособности и эффективности работы программного обеспечения сводится к задаче синтеза оптимальных программных динамических преобразователей, исходные данные для которой формируются на виртуальной экспериментальной установке (см. рис. 1).

Структура пакета прикладных программ виртуальной экспериментальной установки состоит из пяти модулей. Исходные данные формируются в цифровые последовательности (блок 1 на рис. 1) $X(iT_S)$ и $\Pi(iT_S)$ и передаются как исходные данные в модуль имитации эталонной модели объекта управления для вычисления эталонной последовательности $Y(iT_S)$ (блок 4 на рис. 1). Одновременно последовательности $X(iT_S)$, $\Pi(iT_S)$ и $Y(iT_S)$ подаются в модуль вычисления текущих оценок статистических характеристик (блок 3 — расчёт оценок математических ожиданий, дисперсий, автокорреляционных функций и т.д.), модуль визуализации (блок 2) и в ПЛК (блок 5 на рис. 1) для получения реализации $Z(jT_S)$, которая используется в блоке 3 для получения цифровой последовательности ошибок $E(jT_S)$. Виртуальные экспериментальные установки, построенные по блочно-модульному принципу соединения виртуальных измерительных каналов обработки информации, позволяют генерировать цифровые последовательности в виде стационарных эргодических случайных процессов. Это позволяет положить их в основу алгоритмов формирования метрологических характеристик виртуальных приборов, а также алгоритмов диагностики и прогноза эффективности функционирования энергетического оборудования по критериям, вычисляемых программируемыми логическими контроллерами (ПЛК) в реальном масштабе времени [3]. Таким образом, стендом [1] фактически проводится имитация работы программно-технического комплекса с оценкой основных метрологических характеристик [2], т.е. проводятся: оценка текущего значения дисперсии последовательности показаний программно-технического комплекса $\sigma_Z^2(jT_S)$; оценка текущего значения взаимокорреляционной функции $R_{YZ}^2(jT_S)$; показаний эталонного прибора, $Y(jT_S)$ и показаний программно-технического комплекса $Z(jT_S)$; оценка текущего значения дисперсии показаний эталонного прибора $\sigma_Y^2(jT_S)$ и оценка текущего значения дисперсии ошибки обработки оцифрованной измерительной информации $\sigma_E^2(jT_S)$. Стенды могут быть использованы для синтеза компенсаторов и про-

граммных фильтров произвольной структуры, а также для оптимизации настроечных коэффициентов программного обеспечения программируемых логических контроллеров. При этом виртуальные экспериментальные установки позволяют прогнозировать значение максимальной динамической погрешности l -го переходного процесса при адаптивном управлении:

$${}^l\eta_Z^{\max} = \sup \sqrt{\frac{{}^l\sigma_E^2(jT_S)}{{}^l\sigma_Z^2(jT_S)}},$$

где ${}^l\sigma_E^2(jT_S)$ — текущее значение оценки дисперсии ошибки обработки оцифрованной измеряемой информации; ${}^l\sigma_Z^2(jT_S)$ — текущее значение оценки дисперсии показаний регистратора стенда.

Кроме того, виртуальная экспериментальная установка позволяет имитировать процесс формирования усреднённого значения относительной среднеквадратической погрешности отклонения l -го переходного процесса от эталонного переходного процесса:

$${}^l\eta_Z^{cp} = \sqrt{\frac{1}{{}^l\sigma_Y^2(jT_S)(N-1)} \sum_{i=0}^N {}^l\sigma_E^2(jT_S)},$$

где ${}^l\sigma_Y^2(jT_S)$ — текущее значение оценки дисперсии в показаниях эталонного динамического преобразователя информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Шевчук В.П., Болдырев И.А., Шамигулов П.В.** Стенд для диагностики программного обеспечения и измерительных каналов многофункциональных систем контроля и управления. Патент на полезную модель № 94333. Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей 20.05.2010. Бюл. № 14;
2. **Шевчук В.П.** Моделирование метрологических характеристик интеллектуальных измерительных приборов и систем. М.: Физматлит, 2011. 320 с.
3. **Шевчук В.П., Курьянов В.Н., Бельчанская Е.Н.** Диагностика и прогноз эффективности функционирования роторного оборудования. Волжский филиал МЭИ, 2015. 86 с.

V.P. Shevchuk, A.G. Apkarayn

shevchukVP@mpei.ru; apkarayn@vfmei.ru.

Branch NSU MPEI, Volzhsky, Russia

STAND FOR THE STUDY SOFTWARE MULTIFUNCTION COMPUTING SYSTEMS REAL-TIME

SUMMARY

The work setting and solved problem creating virtual experimental setup for diagnostic software multifunction computing systems of real time. The presented algorithm functioning experimental setup, algorithm optimization settings software dynamic converters and models metrological characteristics software.

ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТА MATLAB ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ (ТЕОРИЯ ЦЕПЕЙ)

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён рассмотрению приёмов применения математического пакета MatLab при изучении дисциплины «Теоретические основы электротехники» в части теории линейных цепей. Приводятся фрагменты вычислительных сценариев.

ВВЕДЕНИЕ

Кафедра «Электротехника и электроэнергетика» проводит подготовку бакалавров и магистров по направлению «Электроэнергетика и электротехника» (профиль «Электроснабжение»). При проведении занятий по ряду электротехнических дисциплин применяется математическое ПО: система инженерных и научных расчётов MatLab и пакет MathCAD. Данное ПО поддерживает матричные вычислительные операции, что позволяет быстро проводить анализ состояния разветвлённых линейных электрических цепей практически неограниченной сложности.

1. МАТРИЧНЫЕ СООТНОШЕНИЯ

Существует много учебников и учебных пособий (например, [1,2]), в которых изложены матричные методы анализа разветвлённых цепей в установившихся и переходных режимах. Эти матричные методы основаны на топологических понятиях и соотношениях в теории цепей, а также на законах Кирхгофа и Ома в матричной форме.

Существуют три «экономичных» матричных метода анализа линейных стационарных электрических цепей: метод узловых потенциалов; метод напряжений ветвей дерева; метод контурных токов.

Матричная форма узловых уравнений имеет вид

$$\left[Y^{(y)} \right] \left[\varphi^{(y)} \right] = \left[J^{(y)} \right], \quad (1)$$

где $\left[Y^{(y)} \right] = [A] \left[Y^{(b)} \right] [A]^T$ — матрица узловых адмиттансов; $[A]$ — матрица узловых соединений, однозначно соответствующая схеме или графу цепи; $\left[Y^{(b)} \right]$ — диагональная матрица адмиттансов ветвей; $\left[J^{(y)} \right] = [A] \cdot \left(\left[J^{(b)} \right] - \left[Y^{(b)} \right] \left[E^{(b)} \right] \right)$ — столбец узловых источников тока; $\left[\varphi^{(y)} \right]$ —

столбец узловых потенциалов; $\left[J^{(b)} \right]$ — столбец источников тока ветвей; $\left[E^{(b)} \right]$ — столбец источников ЭДС ветвей. Матричное уравнение (1) составляется для $(y - 1)$ узлов. Не представленный в этом уравнении узел называют общим, от него отсчитываются потенциалы всех остальных узлов.

Матричные уравнения с напряжениями ветвей дерева и с контурными токами выглядят аналогично (1). Отличие заключается в применении других топологических матриц: в методе напряжений ветвей дерева применяется матрица главных сечений $[Q]$, а в методе контурных токов — матрица главных контуров. Ещё в последнем вместо проводимостей ветвей применяются сопротивления (импедансы) ветвей. После решения матричного уравнения вида (1) с помощью топологических соотношений и закона Ома в матричной форме рассчитываются все токи и напряжения.

Комплексные мощности источников, ветвей и их пассивных участков определяются матричными соотношениями

$$\begin{aligned} \left[S^{(n)} \right] &= \text{conj} \left(\left[I^{(n)} \right] \right) \cdot \left[E^{(b)} \right] + \text{conj} \left(\left[J^{(b)} \right] \right) \cdot \left[U^{(b)} \right]; \\ \left[S^{(n)} \right] &= \text{conj} \left(\left[I^{(n)} \right] \right) \cdot \left[U^{(n)} \right]; \\ \left[S^{(b)} \right] &= \text{conj} \left(\left[I^{(b)} \right] \right) \cdot \left[U^{(b)} \right], \end{aligned}$$

где $\left[S^{(n)} \right]$ — столбец комплексных мощностей источников ветвей (генерируемые мощности); $\left[S^{(n)} \right]$ — столбец комплексных мощностей пассивных участков ветвей (приёмников); $\left[S^{(b)} \right]$ — столбец комплексных мощностей ветвей (здесь имеются в виду потребляемые мощности). В процессе составления баланса мощностей нетрудно убедиться, что

$$\text{sum} \left(\left[S^{(n)} \right] \right) = \text{sum} \left(\left[S^{(p)} \right] \right); \quad \text{sum} \left(\left[S^{(b)} \right] \right) = 0.$$

2. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СЦЕНАРИИ И ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ АНАЛИЗА ТРЁХФАЗНОЙ ЦЕПИ

Ниже представлена последовательность операторов MatLab для анализа электрического состояния цепи постоянного или синусоидального тока методом узловых потенциалов, если в рабочую область в качестве исходных данных уже введены: топологическая матрица, плюс $[Y^{(B)}]$ или $[Z^{(B)}]$, а также $[J^{(B)}]$ и $[E^{(B)}]$. В [3] представлены также аналогичные сценарии по методу напряжений ветвей дерева и по методу контурных токов. Пример применения этих вычислительных сценариев для анализа установившегося и переходного режима работы разветвлённой цепи описан в [4].

```
% Метод узловых потенциалов
% Входные данные:
% A — матрица узловых соединений
% Yv — матрица адмитансов ветвей
% Jv — столбец источников тока ветвей
% Ev — столбец источников ЭДС ветвей
Yu=A*Yv*A.'; % матрица узловых адмитансов
Ju=A*(Jv-Yv*Ev); % столбец узловых источников тока
fu=Yu\Ju; % столбец узловых потенциалов
Uv=A.*fu; % столбец напряжений ветвей
Up=Uv+Ev; % столбец напряжений пассивных участков ветвей
Ip=Yv*Up; % столбец токов пассивных участков ветвей
Iv=Ip-Jv; % столбец токов ветвей
Sv=Uv.*conj(Iv) % столбец комплексных мощностей ветвей
Si=Ev.*conj(Ip)+Uv.*conj(Jv); % столбец мощностей источников
Sp=Up.*conj(Ip); % столбец комплексных мощностей приёмников
SI=sum(Si); % сумма комплексных мощностей источников
SP=sum(Sp); % сумма комплексных мощностей приёмников
```

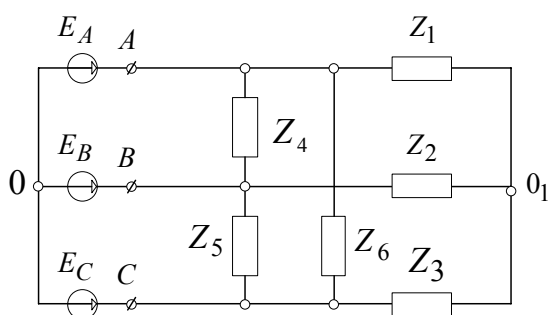


Рис. 1. Схема трёхфазной цепи

Здесь приведём пример анализа установившегося синусоидального режима работы трёхфазной цепи (рис. 1). Пусть номера пассивных ветвей совпадают с номерами сопротивлений. Ветви с источниками E_A , E_B , E_C имеют номера 7, 8, 9. Ветви с номерами 1, 2, 3, 7, 8, 9 направлены слева

направо, ветви 4, 5 – сверху вниз, ветвь 6 – снизу вверх. ЭДС E_A , E_B , E_C образуют симметричную систему прямой последовательности. Фазная ЭДС равна 220 В.

Далее представлен вычислительный сценарий анализа этой цепи методом контурных токов вместе с заданием исходных данных.

```
B=[1,-1,0,0,0,0,1,-1,0; 0,-1,1,0,0,0,0,-1,1;...
  0,0,0,1,0,0,1,-1,0; 0,0,0,0,1,0,0,1,-1;...
  0,0,0,0,0,1,-1,0,1];
Zv=diag([15-10j;10+12j;10+10j;20+5j;18-8j;10+20j;0;0;0]);
Ev=[zeros(6,1);220*exp(2i*pi/3*[0;-1;1])];
Zk=B*Zv*B.'; % матрица импедансов главных контуров
Ek=B*Ev; % столбец источников ЭДС главных контуров
Ik=Zk\Ek; % столбец токов ветвей связи (контурных токов)
Iv=B.*Ik; % столбец токов ветвей
Ip=Iv; % столбец токов пассивных участков ветвей
Up=Zv*Ip; % столбец напряжений пассивных участков ветвей
Uv=Up-Ev; % столбец напряжений ветвей
Sv=Uv.*conj(Iv); % столбец комплексных мощностей ветвей
Si=Ev.*conj(Ip); % столбец мощностей источников
Sp=Up.*conj(Ip); % столбец комплексных мощностей приёмников
SI=sum(Si); % сумма комплексных мощностей источников
SP=sum(Sp); % сумма комплексных мощностей приёмников
```

Студенты используют эти вычислительные сценарии при выполнении расчётно-графических работ и расчётной части лабораторных работ по теоретическим основам электротехники (теория линейных электрических цепей). Самостоятельной частью работы студентов является выполнение следующих операций: 1) составление и ввод топологической матрицы, матриц источников и импедансных (или адмитансных) параметров ветвей; 2) ручное составление узловых либо контурных уравнений или уравнений с напряжениями ветвей дерева; 3) сравнение этих уравнений с уравнениями, полученными машиной; 4) эквивалентное прямое и обратное преобразование ветвей с идеальными источниками ЭДС и тока; 5) расчёт средствами MatLab баланса мощностей.

3. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА ЦЕПИ

Результаты анализа представляются в числовой и в графической форме. Для числового представления нужно выполнить операторы вывода данных, например, в командное окно. Напряжения (в вольтах) и токи (в амперах) ветвей можно выдать в командное окно оператором `disp([Uv,Iv])`. Результат выдачи:

274.74 -	114.14i	16.192 +	3.1856i
-55.264 -	304.66i	-17.248 -	9.7682i
-55.264 +	76.389i	1.0563 +	6.5827i
330 +	190.53i	17.771 +	5.0836i
2.8422e-14 -	381.05i	7.8567 -	17.678i
-330 +	190.53i	1.021 +	17.011i
-220 +	0i	32.942 -	8.7414i
110 +	190.53i	-27.162 -	32.529i
110 -	190.53i	-5.7794 +	41.271i

Видно, что режим работы цепи явно несимметричный, но более отчётливо это видно, если напряжения и токи ветвей представить в графической форме, т.е. в виде топографической диаграммы напряжений и векторной диаграммы токов. Топографическая диаграмма напряжений – изображение всех комплексных напряжений на комплексной плоскости таким образом, чтобы в соответствии с принципами векторной алгебры было отчётливо видно соблюдение второго закона Кирхгофа для всех контуров цепи и чтобы на диаграмме были видны точки, соответствующие комплексным потенциалам всех узлов. Векторная диаграмма токов — изображение всех комплексных токов на комплексной плоскости таким образом, чтобы в соответствии с принципами векторной алгебры было отчётливо видно соблюдение первого закона Кирхгофа для всех узлов или сечений цепи.

Проще всего эти диаграммы построить вручную по полученным числовым данным, но поскольку анализ цепи выполнен на компьютере с использованием математического ПО, желательно «автоматизировать» процесс геометрического построения. В системе MatLab средства для этого есть — это функции элементарной и дескрипторной графики, инструменты интерактивного редактирования графиков [5].

Для нанесения векторов в виде направленных отрезков на поле координатных осей (axes) наиболее удобно применять функцию `quiver`. При построении векторных диаграмм для визуализации алгебраического суммирования векторов удобно пользоваться принципом многоугольника. Автором разработана `m`-функция, позволяющая за один вызов построить один контур (многоугольник) векторной диаграммы. Контур векторной диаграммы токов соответствует линейно независимому узлу или сечению электрической цепи. Контур векторной диаграммы напряжений соответствует линейно контуру электрической цепи. Ниже приведён текст разработанной `m`-функции:

```
function vdiagr2(n,a,si,varargin)
b=cumsum(a);
figure(n);
b1=b(1:end-1);
k=find(si);
b1(k)=b(k+1);
a(k+1)=-a(k+1);
```

```
quiver(real(b1),imag(b1),real(a(2:end)),imag(a(2:end)),0,varargin{:})
axis equal
hold on
```

Функция `vdiagr2` принимает три или более входных параметра, выходных параметров не возвращает. `n` — номер фигуры, в которой производится построение; `a` — массив комплексных чисел: первое значение — от какой точки на комплексной плоскости откладывать, остальные значения — откладываемые комплексные числа, каждый последующий отрезок откладывается от конца предыдущего; `si` — одномерный массив длины `length(a)-1`, указывающий, какой из откладываемых векторов учесть в векторной диаграмме с противоположным знаком. Соответствующий элемент массива `si` должен принимать ненулевое значение, остальные — нулевое значение. Есть также возможность указывать дополнительные параметры графического отображения, например `'LineWidth'` — толщина линии; `'color'` — цвет линии.

Чтобы построить топографическую диаграмму напряжений и векторную диаграмму токов (только нанести векторы), нужно выполнить следующую последовательность операторов MatLab.

```
vdiagr2(1,[0,-B(1,[7,1,2,8]).*Uv([7,1,2,8]).'],...
[0,1,0,1],'linewidth',2,'color','k')
vdiagr2(1,[0,-B(2,[9,3,2,8]).*Uv([9,3,2,8]).'],...
[0,1,0,1],'linewidth',2,'color','k')
vdiagr2(1,[0,-B(3,[7,4,8]).*Uv([7,4,8]).'],...
[0,1,1],'linewidth',2,'color','k')
vdiagr2(1,[0,-B(4,[8,5,9]).*Uv([8,5,9]).'],...
[0,1,1],'linewidth',2,'color','k')
vdiagr2(1,[0,-B(5,[9,6,7]).*Uv([9,6,7]).'],...
[0,1,1],'linewidth',2,'color','k')
title('Топографическая диаграмма напряжений')
xlabel('Действительная ось, B')
ylabel('Мнимая ось, B')
grid on
vdiagr2(2,[0;Iv([1,2,3])],[0,0,0],...
'linewidth',2,'color','k')
vdiagr2(2,[Iv([1,4]);-Iv([7,6])],[0,1,1],...
'linewidth',2,'color','k')
vdiagr2(2,[Iv([1,4,8]);-Iv(5)],[0,0,1],...
'linewidth',2,'color','k')
vdiagr2(2,[Iv(6);-Iv(9)],1,...
'linewidth',2,'color','k')
title('Векторная диаграмма токов')
xlabel('Действительная ось, A')
ylabel('Мнимая ось, A')
grid on
```

Чтобы сделать надписи на поле фигуры, нужно воспользоваться инструментами интерактивного редактирования графиков. На рис. 2 показана топографическая диаграмма напряжений, а на рис. 3 — векторная диаграмма токов.

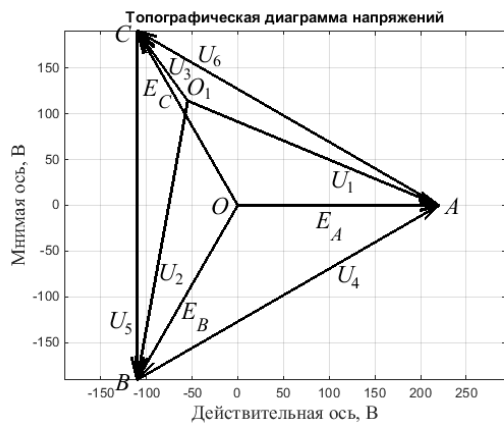


Рис. 2. Топографическая диаграмма напряжений

Чтобы в командное окно вывести потребляемые активные, реактивные и полные мощности ветвей и соответствующие коэффициенты мощности, нужно выполнить оператор

```
disp([real(Sv),imag(Sv),abs(Sv),real(Sv)./abs(Sv)])
```

Чтобы в командное окно вывести суммарную комплексную мощность источников и суммарную комплексную мощность приёмников (пассивных элементов), нужно выполнить оператор

```
disp(mat2str([SI,SP],5))
```

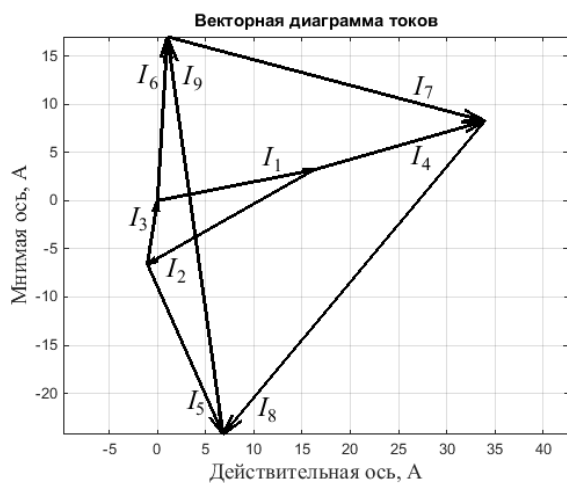


Рис. 3. Векторная диаграмма токов

Результат выдачи в командное окно энергетических параметров режима цепи:

4084.9	-2723.3	4909.5	0.83205
3929.2	4715.1	6137.6	0.64018
444.47	444.47	628.58	0.70711
6832.9	1708.2	7043.2	0.97014
6736.1	-2993.8	7371.4	0.91381
2904	5808	6493.5	0.44721
-7247.2	-1923.1	7498	-0.96655
-9185.6	-1596.9	9323.3	-0.98522
-8498.9	-3438.7	9168.2	-0.927
[24932+6958.7i	24932+6958.7i]		

В представленном листинге в первой колонке активные мощности ветвей (Вт), во второй – реактивные (ВАр), в третьей – полные (ВА), в четвёртой – коэффициенты мощности ветвей. Последняя строка листинга говорит о том, что баланс мощностей сошёлся точно.

4. РАЗЛОЖЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА ЦЕПИ НА СИММЕТРИЧНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ

В учебной литературе по теоретическим основам электротехники, например, в [1, 2 и др.], говорится о том, что любая несимметричная трёхфазная система комплексных величин может быть разложена на симметричные составляющие: прямую, обратную и нулевую последовательности. Автором для учебных целей составлена m-функция, выполняющая такое разложение и представляющая его по отношению к первой фазе. Ниже представлен текст этой m-функции:

```
% symm_comp_3ph - вычисление симметричных составляющих
% трёхфазной системы напряжений или токов
% S=symm_comp_3ph(X)
% X - трёхфазная система величин (столбец)
% S - симметричные составляющие (строка)
function S=symm_comp_3ph(X)
a=exp(2i*pi/3*[0,-1,1]);
S=X.*[a',a',[1;1;1]]/3;
```

В цепи, схема которой изображена на рис. 1, три приёмника соединены звездой, следующие три — треугольником. Чтобы разложить напряжения и токи этих групп приёмников, а также систему питающих ЭДС на симметричные составляющие, нужно выполнить следующую последовательность операторов MatLab:

```
Uzv=symm_comp_3ph(Uv(1:3))
Izv=symm_comp_3ph(Iv(1:3))
Ut=symm_comp_3ph(Uv(4:6))
It=symm_comp_3ph(Iv(4:6))
Ez=symm_comp_3ph(Ev(7:9))
```

В командное окно будет выдано:

```
Uzv =
220-1.1842e-14i   -3.7896e-14-7.1054e-15i   54.736-114.14i
Izv =
12.816-3.6913i   3.3759+6.8769i   0+0i
Ut =
330+190.53i   -5.6843e-14-1.8948e-14i   9.4739e-15+0i
It =
14.458+3.779i   -5.5696-0.16759i   8.8829+1.4721i
Ez =
220   -5.6843e-14   2.8422e-14
```

Напряжения приёмников, соединённых звездой, здесь содержат прямую и нулевую последовательность, их токи — прямую и обратную. Напряжения приёмников, соединённых треугольником,

ком, не содержат нулевой последовательности, соответствующие токи содержат все три последовательности. Источники ЭДС содержат только прямую последовательность. Студентам предлагается объяснить, почему получается именно такое разложение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение математических пакетов при изучении теоретической электротехники и других технических дисциплин способствует более качественному усвоению знаний за счёт сокращения объёма ручной вычислительной работы и проведения многовариантных вычислительных экспериментов с моделями изучаемых объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Теоретические** основы электротехники. Т. 1. Основы теории линейных цепей / под ред. П.А. Ионкина. М.: Высш. школа, 1976. 544 с.
2. **Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В.** Теоретические основы электротехники. СПб.: Питер, 2009. Т. 1. 512 с.
3. **Шмелёв В.Е.** Применение MatLab для изучения теоретической электротехники // Современные информационные технологии и ИТ-образование [Электронный ресурс]: Сборник научных трудов VI Международной научно-практической конференции. / под ред. В.А. Сухомлина. Москва: МГУ, 2011. Т.1. С. 593—601. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
4. **Шмелёв В.Е.** Вычислительный сценарий анализа разветвлённых линейных электрических цепей произвольной сложности с сосредоточенными параметрами в системе MatLab // Exponenta Pro. Математика в приложениях. 2003. № 4. С. 64—69.
5. **Ануфриев И.Е., Смирнов А.Б., Смирнова Е.Н.** MATLAB 7. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 1104 с.

V.E. Shmelev

shmelev@vlsu.ru

Vladimir State University Named After Alexander and Nikolay Stoletovs, Vladimir

APPLICATION OF THE PACKET MATLAB FOR STUDY OF ELECTRICAL ENGINEERING THEORETICAL BASES (THE CIRCUITS THEORY)

SUMMARY

The report is devoted to reviewing of methods of application of a mathematical packet of MATLAB in case of study of discipline «Electrical engineering theoretical bases» regarding the theory of the linear circuits. Fragments of computing scenarios are given.

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО ДИСКРЕТНОЙ МАТЕМАТИКЕ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ГРАФОВ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён проблеме разработки и внедрения лабораторного практикума по дискретной математике, осуществляющего полноценную и всестороннюю оценку знаний проходящих его студентов. Основа для данного практикума — разработанная автором интеллектуальная система, главной целью которой является визуализация графов и пошаговая иллюстрация алгоритмов, изучаемых в курсе дискретной математики во ВГУЗах.

ВВЕДЕНИЕ

Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) привели к сближению мира, куда более результативному и быстрому, чем считалось ранее. Сейчас они являются необходимым атрибутом деловых людей во всём мире. При этом важно осознавать удобства, которые ИКТ могут принести в сферу образования, повышая его качество и доступность для граждан по всей стране.

Данный доклад посвящён проблеме составления лабораторного практикума, с помощью которого студент может проверить свои знания в области одного из основных курсов высших технических учебных заведений – дискретной математике и математической логике.

1. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ВИЗУАЛИЗАЦИИ ГРАФОВ

Основой для лабораторного практикума стала написанная автором на языке C# интеллектуальная система визуализации графов.

Выбранные алгоритмы визуализации, принадлежащие к группе силовых алгоритмов, наиболее приспособлены для обработки графов малых и средних размеров (не более 40 вершин), что является оптимальным для создания комплексов заданий для студентов.

Тот факт, что система написана на языке C#, позволяет легко модифицировать её оформление и неосновные свойства под нужды пользователя, тем самым значительно облегчая внедрение в лаборатории. Так как система воспринимает все основные виды задания графов, она может быть настроена не только для самой визуализации, но и для иллюстрации работы методов и алгоритмов, изучаемых в курсе дискретной математики, в том числе пошаговой.

Интеллектуальность системы заключается в возможности обработки поступающей на вход

информации и применении при визуализации одного из реализованных алгоритмов, наиболее подходящего для данной задачи. Ключевая особенность силовых алгоритмов заключается в использовании аналогий с реальными физическими явлениями (в том числе широко используется пружина), но для конкретных графов конкретные алгоритмы могут давать сильно различающиеся, иногда неприемлемые результаты.

Учитывая данный факт, автор озаботился созданием системы, способной выбирать алгоритм, оптимальный для данного графа, и использовать для визуализации его, чтобы человеку, использующему систему, была максимально понятна структура графа. Эта задача была решена при помощи искусственной нейронной сети.

2. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ДИСКРЕТНОЙ МАТЕМАТИКЕ

На основе описанной выше интеллектуальной системы визуализации графов был разработан лабораторный практикум по дискретной математике. Ключевой идеей создания практикума было написание системы, подходящей для объективного и всестороннего оценивания и контроля знаний студентов, в том числе обучающихся дистанционно.

Так как теория графов обширна и включает в себя как теорию и общие сведения, так и практические задачи, связанные с применением алгоритмов, лабораторный практикум содержит в том числе и проверку способностей студентов в их применении.

Для удобства использования в лабораторный практикум включена система учебно-методических пособий, позволяющих студенту в случае надобности (например, дистанционного обучения) изучить все необходимые элементы теории и практики, применяемые далее в решении задач.

Важным преимуществом работы лабораторного практикума является возможность создания полностью случайных вариантов заданий, так как новые данные, поступающие в систему, могут автоматически обрабатываться и выдавать ответ, сравниваемый с результатами проходящего практикума. Это допускает большую вариативность при создании вариантов тестирования и позволяет бороться с нечестным выполнением заданий и списыванием, так как в старых практикумах задачи зачастую были заданы заранее.

Для возможности автоматизированной проверки в лабораторный практикум включена система автоматического ведения протокола тестирования, что позволяет автоматизировать также и систему проверки с возможностью полного исключения контроля со стороны преподавателя, что является фундаментальным требованием для систем, предназначенных для дистанционного обучения.

В данном лабораторном практикуме возможно составление задач по всем разделам теории графов, изучаемым во втузах, что делает его универсальным.

3. ВНЕДРЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Описанный выше лабораторный практикум является прекрасной возможностью проверки знаний. Его можно рекомендовать как для использования в целях обучений студентов очной формы, так и для дистанционного контроля знаний, что говорит о его универсальности.

Так как практикум является самостоятельной программой, его внедрение и использование не является трудной задачей, а возможность вести протоколы облегчает автоматическую проверку.

Нынешнее техническое оснащение вузов позволяет использовать программное обеспечение, подобное описываемому лабораторному практикуму. Ввиду этого с технической стороны внедрение не представляется проблемой.

При этом стоит отметить, что курс дискретной математики должен быть достаточно полон, для того чтобы студенты могли ответить на все предложенные вопросы и решить все задачи. Именно это и есть причина рекомендовать данный практикум также для самостоятельного и дистанционного обучения, при котором курс является более свободным, нежели при очном посещении лекций.

Значительно упростить проверку поможет также общая сеть, которую часто можно встре-

тить в компьютерных аудиториях, позволяющая автоматически создавать и верстать сводные таблицы результатов и выставлять оценки.

В МАИ подобные лабораторные практикумы используются уже долгое время и доказали свою пригодность в качестве метода контроля знаний. Предложенная система, наследуя их опыт, предлагает ряд решений, призванных исправить ошибки и слабости.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие инженерного образования, связанного с использованием информационных систем, на данном этапе немыслимо без внедрения этих систем в образование, в том числе дистанционное, заключающееся в использовании лабораторных практикумов и систем удалённой проверки знаний.

Предложенная в докладе возможность проверять знания студентов в области дискретной математики при помощи лабораторного практикума должна значительно облегчить труд преподавателей и аспирантов в проверке знаний студентов. Особенности построения практикума и его работы открывают широкий диапазон возможностей, таких как генерация вариантов и автоматическая демонстрация решений, что делает процесс образования более автоматизированным и удобным для дистанционного обучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Eades P.** A Heuristic For Graph Drawing // Congressus Numerantium, 1984.
2. **Алгоритмы:** построение и анализ / Т.М. Кормен и др. М.: Вильямс, 2006.
3. **Kamada T., Kawai S.** An Algorithm For Drawing General Undirected Graphs // Inf. Proc. Letters 31, 1989. С. 7—15.
4. **Frick A., Ludwig A., Mehldau H.** A Fast Adaptive Layout Algorithm For Undirected Graphs // Proc. Workshop on Graph Drawing 94, 1994. С. 389—403.
5. **Хайкин С.** Нейронные сети. Полный курс. — 2-е изд.: пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2006.

A.S. Shpakov

shpakovprvz@mail.ru

National Research University «Moscow Aviation Institute», Moscow

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF THE LABORATORY PRACTICE ON DISCRETE MATHEMATICS BASED ON THE INTELLECTUAL SYSTEM OF GRAPH VISUALIZATION

SUMMARY

The report is devoted to the problem of development and implementation of the laboratory practice on discrete mathematics, implementing a complete and comprehensive evaluation of attainments of students. This practice is based on the intellectual system, developed by author, whose main goal is graph visualization and step-by-step illustration of algorithms, studied during discrete mathematics classes in technical colleges.

СПОСОБ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЦЕЛЕПОДОБНОГО ОБЪЕКТА В КАДРЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается методика автоматической идентификации объекта в кадре изображения. Описывается алгоритм поиска распознаваемого объекта, основанный на определении его геометрических характеристик (размеров) и сравнение их с эталоном. В статье приведены примеры реализации методики.

ВВЕДЕНИЕ

Автоматическое распознавание образов является одним из наиболее активно развивающихся направлений технического зрения. В настоящее время распознавание образов применяется во многих областях науки и техники, связанных с обработкой большого количества визуальной информации, например в медицине, производстве, системах безопасности и т.д.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В процессе распознавания объектов приходится решать целый комплекс задач, направленных как на уменьшение количества ошибок распознавания, так и на повышение быстродействия процесса распознавания:

- повышение качества исходного изображения;
- приведение исходного изображения к виду, наиболее подходящему для процесса распознавания;
- локализация объектов на изображении;
- определение признаков, пригодных для классификации;
- построение классификатора, позволяющего определять объекты с минимальным количеством ошибок.

В системах охранного телевидения задача распознавания объектов решается в условиях наличия искажений, связанных с помехами в радиотехнических устройствах и сжатием двумерного сигнала.

Поэтому для эффективного решения поставленной задачи требуется применение специализированных алгоритмов цифровой обработки изображений.

Рассматриваемую задачу распознавания можно представить в виде блок-схемы представленной на рис. 1.

2. ОПИСАНИЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТА В КАДРЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Будем считать, что формирование изображений базируется на использовании одной камеры и структурированного освещения объекта.

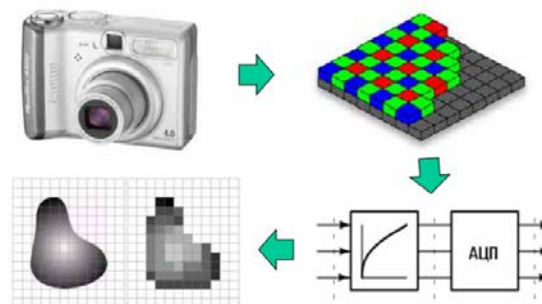


Рис. 2. Порядок работы

Изображение объекта формируется оптической системой на поверхности светочувствительных элементов камеры, которая преобразует оптический сигнал в видеосигнал. Видеосигнал после предварительной обработки вводится в ЭВМ с помощью специального интерфейса. Интерфейс воспринимает видеосигнал от камеры, преобразует его в цифровую форму и помещает в буфер изображений, а также синхронизирует работу камеры, системы освещения и каналов связи с ЭВМ.

Обработка изображения состоит:

- из фильтрации изображений (подавление шумов);
- определения среднего коэффициента яркости изображений;
- определения поправочного коэффициента и приведение к одному уровню яркости (нормирование изображения);
- определения коэффициента корреляции двух изображений;
- преобразования изображений в бинарные. Пиксель бинарного изображения может принимать только значения 0 (фон) и 1 (объект);
- получения исходного объекта на изображении;
- вычитания из текущего изображения первого;
- определения геометрических характеристик объекта (длина, ширина, отношение длины к ширине);

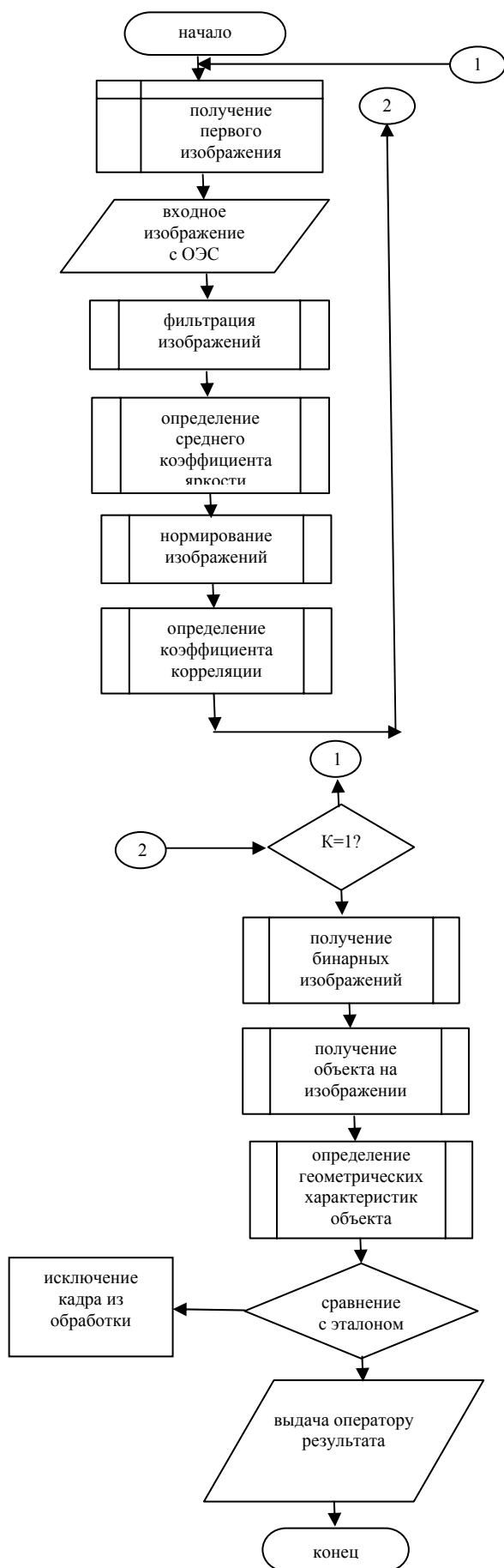


Рис. 1. Блок-схема распознавания

• сравнения геометрических характеристик с эталоном, определения класса объекта.

Результаты работы данной методики приведены в таблице:

Таблица

Сравнительный анализ показателей тестируемого алгоритма

Уровень распознавания объект	Оценочное суждение	
	Верно	Неверно
животное (собака), %	81	19
человек, %	92	8
легковой автомобиль, %	89	11
грузовой автомобиль, %	93	7

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сферами применения распознавания объектов могут являться системы охранного телевидения, контроль доступа в различные учреждения, наблюдение за аэропортами и вокзалами для предотвращения террористических актов и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Логинов А.И.** Системы технического зрения. М.: МИРЭА, 1991.
2. **Дьяконов В.П.** MatLab. Обработка сигналов и изображений. СПб.2002. 608 с.

D.U. Shetinin

Shetinin.dmitriy.77@mail.ru

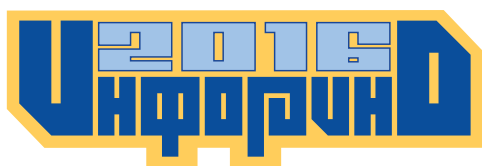
National Research University

«Moscow Power Engineering Institute», Moscow

A METHOD FOR AUTOMATICALLY LOCALIZING AN OBJECT IN AN IMAGE FRAME

SUMMARY

The article discusses the technique of automatic identification of an object in an image frame. It describes the ability to recognize objects based on the definition of its geometric characteristics (dimensions) and compared with the standard. The article gives examples of the technique.



Секция 4

**ДИСТАНЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ**

А.Н. Афанасьев, В.А. Куклев, Т.М. Егорова, Е.Ю. Воеводин, С.И. Бочков

a.afanasev@ulstu.ru; vkuklev@gmail.com; egorovatm@ido.ulstu.ru,
vovodineu@ido.ulstu.ru; bochkovsam1@rambler.ru

Ульяновский государственный технический университет, г. Ульяновск

РАСШИРЕНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ СДО MOODLE: ПОИСКИ И РЕШЕНИЯ

АННОТАЦИЯ

Раскрыто содержание исследований по реализации интерактивных возможностей электронного обучения на основе среды Moodle.

ВВЕДЕНИЕ

В концепции ФЦП развития образования на 2016-2020 гг. подчёркнуто, что одной из важнейших проблем современного образования является процесс применения ИКТ в образовательной деятельности и учебном процессе для всех видов, на всех уровнях образования. Подчеркнём, что особые требования предъявляются в настоящее время к электронной информационно-образовательной среде (ИОС) вуза. В институте дистанционного и дополнительного образования УлГТУ электронная ИОС функционирует на основе СДО Moodle [1], возможности которой совершенствуются [2—4].

1. МОДЕЛИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ В СОВРЕМЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

Наиболее перспективным направлением организации учебного процесса является диффузия дистанционных образовательных технологий во все формы обучения в вузе. В этом случае сохраняются общие принципы построения традиционного учебного процесса. При этом определённую долю дисциплины студенты осваивают в традиционных формах обучения (очной и заочной), другую часть дисциплины – по технологии сетевого обучения. Соотношение долей определяется готовностью к подобному построению учебного процесса образовательного учреждения. По мере внедрения дистанционных образовательных технологий резко повышаются требования к качеству учебных материалов и обеспеченности учебных занятий и аттестаций электронным образовательным контентом.

Поиск и реализация новых возможностей связаны с реализуемыми моделями в нашем вузе: а) обучение с веб-поддержкой (до 30 % времени по освоению дисциплины отводится на работу в среде электронного курса); б) смешанное обучение (технологии традиционного и электронного обучения взаимно дополняют друг друга, допускается сокращение объёма аудиторной нагрузки преподавателя, решаются задачи экономии аудиторного фонда в вузе, повышается эффективность

работы преподавателя); в) онлайн-обучение (большая часть учебного процесса (90-100%) осуществляется в электронной среде, характеризуется высокой интерактивностью учебного контента). Бакалаврские программы реализуются с использованием веб-поддержки и смешанного обучения, магистерские программы используют смешанное и онлайн-обучение, программы заочной формы обучения и дополнительного образования в основном реализуются по модели онлайн-обучения.

2. ИНТЕРАКТИВНОСТЬ — ОБЪЕКТИВНАЯ ПОТРЕБНОСТЬ СЕТЕВОГО КУРСА

Сегодня становится очевидным, что необходимо управлять процессом развития обучающегося, что означает приоритетность в работе преподавателя для диалога, методов общения, совместного поиска решений, разнообразной творческой деятельности. Очевидно, что основные методические инновации связаны с применением интерактивных методов обучения, в ходе которого осуществляется взаимодействие преподавателя и обучающегося. Суть интерактивности обучения состоит в вовлечении обучающихся в процесс познания, в ходе которого обучающиеся имеют возможность понимать и рефлексировать по поводу того, что они знают и думают. В процессе совместной деятельности обучающиеся вносят свой особый индивидуальный вклад, одновременно происходит обмен знаниями, идеями, способами деятельности, что позволяет получить новое знание и развивать познавательную деятельность.

Действительно, интерактивные формы проведения занятий пробуждают у обучающихся интерес; поощряют активное участие в учебном процессе; способствуют эффективному усвоению учебного материала; оказывают многоплановое воздействие на обучающихся; формируют у обучающихся мнения и отношения; формируют жизненные навыки; способствуют изменению поведения. Современная педагогика выделяет интерактивные формы обучения: творческие задания; работа в малых группах; обучающие игры; использование общественных ресурсов; социальные проекты; изучение и закрепление нового материала; тестирование; обсуждение дискуссионных вопросов; разрешение проблем; тренинги. Подчеркнём, что основой интерактивных подхо-

дов являются интерактивные упражнения и задания, которые выполняются обучающимися, основное отличие интерактивных упражнений и заданий заключается в том, что они направлены не только на закрепление ранее изученного учебного материала, сколько на изучение нового. Обучение с использованием интерактивных образовательных технологий предполагает формирование нового опыта к его теоретическому осмыслению через применение.

Наши исследования подтверждают общие результаты интерактивного обучения, выделенные Паниной Т.С., Вавиловой Л.Н. в [5]: интерактивные методы обучения (ИМО) позволяют интенсифицировать процесс понимания, усвоения и творческого применения знаний при решении практических задач; ИМО повышают мотивацию и вовлеченность участников в решение обсуждаемых проблем; ИМО формируют способность мыслить неординарно, обосновывать свои позиции, развивают умение выслушивать иную точку зрения; ИМО позволяют получить новый опыт деятельности; использование ИМО позволяет сделать контроль за усвоением знаний и умением применять полученные знания, умения и навыки в различных ситуациях более гибким и гуманным.

Известно, что непосредственно в самой среде Moodle имеются инструменты, способствующие общению и взаимодействию участников учебного процесса: разработчик учебного курса может добавить ссылку на внешние инструменты для коммуникации; возможно создание в группе словаря терминов и определений; чат и форум в качестве элементов курса позволяют студентам общаться в малых группах, в них же преподаватель может давать консультации. Отметим, что мобильная версия предоставляет доступ с мобильных устройств с возможностью загрузки файлов в среду Moodle, а также позволяет студентам общаться через мобильный телефон.

3. КРЕАТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ ДЛЯ СРЕДЫ СДО MOODLE

Программа развития электронного образования на 2014—2020 гг. констатирует, что образовательным организациям предоставляются варианты осуществления признания результатов обучения, полученные в ходе освоения обучающимися открытых электронных курсов, определены условия признания, требования к идентификации личности в процессе оценки.

На основе анализа возможностей по тестированию знаний в среде Moodle нами выявлена потребность в идентификации пользователя. Известные методы идентификации интернет-пользователя (идентификация браузера/cookie; использование биометрических показателей; сличение по изображению) стали основой выбора собственного проекта “Клиент Moodle-Brow-ser”.

Проект позволяет идентифицировать интернет-пользователя во время прохождения им итогового тестирования по изучаемой дисциплине. Суть проекта заключается в том, что браузер в процессе работы с системой фотографирует пользователя, фотография вносится в статистику прохождения электронной обучающей системы (ЭОС) по дисциплине, которая передаётся преподавателю на аттестацию.

Проект требует участия преподавателя в процессе идентификации, однако нами выявлены преимущества внедрения проекта: реализуются условия для признания результатов обучения и построения индивидуальной образовательной траектории обучения. Проект прошел апробацию, в которой участвовали студенты заочной и очной форм обучения: из 160 участников идентификацию прошли 85 человек.

Применение ресурсов среды Moodle для организации обучения по отдельным учебным дисциплинам в УлГТУ с использованием дистанционных образовательных технологий предполагает апробацию сервиса для организации автоматической подписки на курсы, создание условий изучения конкретного курса и получения статистики с результатами прохождения контрольных точек и выполнения практикумов. Сервис разработан для студентов вуза, обучающихся по очной и заочной формам обучения, желающих изучить отдельную учебную дисциплину с использованием дистанционных образовательных технологий и рекомендован студентам вуза, желающим ликвидировать академическую задолженность по учебной дисциплине, возникшую при выходе из академического отпуска, при восстановлении для продолжения образования в вузе, при смене направления, профиля подготовки, специальности, формы обучения внутри вуза; при зачислении для получения второго высшего (в т. ч. параллельного) образования; при переводе из других заведений.

Для совершенствования материалов, содержащихся в отдельных материалах сетевого курса *разработан сервис “Рейтинг разделов учебного материала в сетевом курсе”*. Рейтинг формируется на основе рецензий и комментариев студентов, что позволяет выделять разделы со снижающимся рейтингом, в последующем они должны редактироваться; разделы с повышающимся рейтингом (могут изменяться с учётом комментариев). Комментарии и оценки элементов курса отражаются в сводной таблице с полями: элемент курса, средняя оценка, количество оценок.

Наибольший интерес представляют *новые типы интерактивных тестов*, реализуемые нами в среде СДО Moodle: а) перетаскивание на изображение (этот тип вопроса позволяет создавать тестовые вопросы, в которых студент дополняет исходное изображение недостающими

элементами); б) перетаскивание маркеров (маркеры перетаскиваются на фоновое изображение; этот тип вопроса позволяет студенту отмечать определённые области на изображении с помощью специальных маркеров, которых может быть, как один, так и несколько); в) перетаскивание в текст (данный тип вопросов позволяет создавать в тексте вопроса поля, которые обозначают пропущенное слово или фразу; одновременно с этим создаются варианты ответов в виде блоков со словами или фразами, которыми можно заполнить пропуски с помощью перетаскивания); г) тип вопроса «Setsplitting» позволяет создавать вопросы, в которых студент может распределять элементы между несколькими группами (от 2 до 5); д) тесты на соответствие (ответ на каждый из нескольких вопросов должен быть выбран из списка возможных); е) тест с кратким ответом (позволяет вводить в качестве ответа одно или несколько слов; ответы оцениваются путем сравнения с разными образцами ответов, в которых могут использоваться подстановочные знаки).

Креативные идеи системы относительной оценки уровня знаний способом Г. Беккера, использованные в [6], послужили основой для апробации нового инструментария, названного нами «Практическая тестовая работа», в котором студенту предлагается самому разработать тестовое задание по изученному материалу. На выбор предлагается 3 шаблона для составления теста: краткий ответ с клавиатуры; вопрос с множественным выбором; тест на соответствие. Подготовленный тест отправляется на проверку преподавателю; при условии положительной оценки тест автоматически добавляется в общий банк тестовых заданий по конкретной теме занятия.

4. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА

Внедренная автоматизированная балльно-рейтинговая система (БРС), на наш взгляд, способствует: а) повышению качества учебного процесса через привитие навыков и умения системной, ритмичной, самостоятельной работы в течение всего периода обучения; б) повышению мотивации студентов к освоению образовательных программ посредством более высокой дифференциации оценки их текущей учебной работы, а также в повышении уровня организации образовательного процесса в вузе; в) реализации системы управления качеством образования, позволяющей на основе анализа показателей успеваемости студентов оперативно оптимизировать организацию самостоятельной работы студентов, своевременно устранять недостатки в усвоении и закреплении ими программного материала; г) получению объективной и более точной оценки знаний и уровня профессиональной подготовки студентов в процессе обучения. Оценка успе-

ваемости студентов в рамках БРС осуществляется в ходе текущего, рубежного и итогового контроля. Полная оценка по дисциплине определяется по сумме баллов, полученных студентом по различным формам текущего и рубежного контроля и баллов, полученных при сдаче экзамена или зачета.

5. ПОДДЕРЖКА МОБИЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ

Типовой сетевой курс содержит базовые интерактивные практические упражнения на основе компьютерных моделей лабораторного практикума, доступ к которому возможен с мобильных устройств, поддерживающих технологию Flash-анимации, что нами обосновано в [7]. Например, сетевой курс по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» [8] содержит 18 интерактивных заданий. Набранные баллы за выполнение контролируемых действий суммируются БРС, затем переводятся в традиционную систему оценивания. Индивидуальные задания к каждому модулю для самостоятельной работы, имеющие балльную оценку, учитываются отдельно и суммируются к общему рейтингу. В процессе обучения студент должен полностью выполнить учебный план, предусмотренный рабочей учебной программой дисциплины.

6. СМАРТ-УЧЕБНИК В СРЕДЕ MOODLE

В ходе исследований обобщены основные признаки смарт-учебника: интеграция в интерактивную среду обучения с использованием возможностей социального окружения; совместная с участниками процесса обучения генерация новых знаний и самоактуализация; синхронное изучение материала и реализация навыков в решении реальных бизнес-задач в условиях социальной среды. На основе анализа выделены основные разделы Smart-учебника, реализованные в [9]: кейсовые задания; теоретический материал; открытые образовательные ресурсы; результаты выполнения кейсовых заданий студентами.

Исследование привело к закономерному выводу, что смарт-учебник должен, на наш взгляд, оснащаться обязательными программными модульными системами: системой рецензирования студентом, она создаёт рейтинг разделов учебника по результатам которого выделяются: разделы со снижающимся рейтингом (они должны редактироваться); разделы с повышающимся рейтингом (они изменяются с учётом комментариев); системой комментирования студентом, она создаёт базу комментариев, которая также влияет на построение рейтинга разделов учебника. Одной из задач при разработке смарт-учебника является интеграция социальных сетей и учебного контента. Поскольку социальные сети позволяют технически реализовать то, в чем нуждается современный студент, а именно: общедоступные социаль-

ные инструменты и средства взаимодействия для построения своего собственного информационного пространства. Разработанная технология по интеграции социальных сетей в учебный контент вуза включает: выбор дисциплин и ведущих преподавателей; регистрацию (запись) студентов в СДО Moodle; подготовку и размещение преподавателем в социальных сетях индивидуальных заданий; заданий для подгрупп; заданий для общего проекта данной группы. Пилотный проект смарт-учебника по дисциплине «Эргономика» находится в настоящее время в опытной эксплуатации. К итоговому контролю по всему курсу студент дополнительно выполняет экспериментальные задания по всему курсу, примерное содержание которых приведено ниже.

- Оцените содержание всего учебного пособия, используя 5-балльную шкалу по сложности; доступности; наглядности.
- Ознакомьтесь с дополнительными материалами по курсу, используя имеющиеся ссылки в тексте пособия.
- Выскажите собственное мнение в форуме по ключевым положениям курса «Эргономика».
- Примите участие в работе группы по разработке коллективного проекта (тему указывает преподаватель). Коллективный отчёт выставьте для обсуждения на форуме.

7. ИНТЕГРАЦИЯ СРЕДЫ MOODLE С ИНТЕРАКТИВНЫМИ СЕРВИСАМИ

Повышенный исследовательский интерес представляет интеграция с виртуальными мирами, представляющими 3D виртуальную среду, где пользователи приобретают формы и свойства аватара (своего графического представления). Например, виртуальная платформа vAcademia [10] представляет сервисы для проведения и посещения учебных курсов, совещаний, презентаций, тренингов. Используются технологии Web 2.0 в сочетании с возможностями виртуального мира, что позволяет создавать интерактивный образовательный контент. Общение и взаимодействие в виртуальном мире доступно через общение через чат, а также голосом с помощью микрофона или видеосвязь.

В рамках проводимых исследований сотрудниками ИДДО УлГТУ на основе инструментария [11] разработан прототип виртуальной учебной аудитории (рис. 1), включающий учебные доски с набором инструментов и рабочие места преподавателя и студентов, позволяющий отображать экран монитора студента с выводом запущенного приложения или видеоизображения от веб-камеры студента.



Рис. 1. Занятие в виртуальном мире

Интеграция с электронным портфолио обучающегося (или портфелем достижений) [6] позволяет накапливать индивидуальные образовательные, творческие и личные достижения владельца; является доказательством прогресса обучения, профессионального роста по материализованным продуктам деятельности.

Новые интерактивные возможности открываются при использовании сервисов сайта [12], позволяющего относительно быстро создавать интерактивные приложения и размещать их на сайте с предоставлением ссылки на готовое приложение. Сервис позволяет создавать: интерактивные кроссворды, тесты с текстовым вводом (приложение позволяет создавать задания, в которых обучающийся должен дать словесный ответ на вопрос); закрытые тесты; задания с аудио/видео контентом (приложение позволяет организовать работу обучающихся с видеофайлами, вставлять в ролики задания, указания, акцентировать внимание на определённых деталях); задания типа «найди на карте» (с помощью приложения можно создавать упражнения, в которых обучающиеся должны определить на карте местоположение различных объектов) и др.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Расширение интерактивных возможностей способствует улучшению взаимодействия преподавателя и обучающегося посредством погружения в проблемное поле решаемых задач, согласованности в выборе средств и методов реализации решения учебных задач.

Дальнейшие исследования ориентированы на внесение в процесс обучения новизны, обусловленной особенностями динамики развития жизни и деятельности, спецификой различных технологий обучения и потребностями личности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнов С.А. Применение Moodle 2.3 для организации дистанционной поддержки образовательного процесса: учебное пособие. М.: Школа будущего, 2012. 182 с.
2. Афанасьев А.Н., Куклев В.А., Егорова Т.М. Опыт реализации компетентностного подхода в сетевом блочно-модульном курсе // Тр. междунар. конф.

3. **Афанасьев А.Н., Войт Н.Н.** Модели и методы интеллектуализации образовательной среды на базе Moodle // Ученые записки ИСГЗ. 2013. №1-1(11). С. 43—48.
4. **Афанасьев А.Н., Войт Н.Н., Канев Д.С.** Математическое моделирование процесса инженерного обучения в сложных инфокоммуникационных образовательных системах // Радиотехника. 2014. № 7. С. 133—136.
5. **Панина Т.С., Вавилова Л.Н.** Современные способы активизации обучения: учебное пособие / под ред. Т.С. Паниной. М.: Издательский центр «Академия», 2009. 192 с.
6. [Электронный ресурс] URL: <http://4portfolio.ru>
7. **Куклев В.А.** Электронное обучение с помощью мобильных устройств в любое время и в любом месте/ Ульянов. гос. техн. ун-т. Ульяновск: УлГТУ, 2009. 356 с.
8. **Куклев В.А.** Безопасность жизнедеятельности: учебно-практическое пособие / Ульян. гос. техн. ун-т. Ульяновск, 2011. 302 с.
9. **Куклев В. А., Ходжамуратова Э.Б.** Эргономические основы безопасности и комфорта персонала: учебно-практическое пособие / Ульян. гос. техн. ун-т. Ульяновск: УлГТУ, 2014. 272 с.
10. [Электронный ресурс] URL: <http://vacademia.com>
11. [Электронный ресурс] URL: <http://www.krestianstvo.org>
12. [Электронный ресурс] URL: <http://www.LearningApps.com>

A.N. Afanasyev, V.A. Kuklev, T.M. Egorova, E.Y. Voevodin, S.I. Bochkov

a.afanasev@ulstu.ru; vkuklev@gmail.com; egorovatm@ido.ulstu.ru;
voevodineu@ido.ulstu.ru; bochkovsam1@rambler.ru
 Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk

THE DEVELOPMENT OF INTERACTIVE POSSIBILITIES OF E-LEARNING BASED ON MOODLE: RESEARCHES AND SOLUTIONS

SUMMARY

The main point of study on the implementation of interactive means of e-Learning based on Moodle is outlined.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ КОНСУЛЬТАЦИЙ ПО ФИЗИКЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ СДО «ПРОМЕТЕЙ»

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена актуальной проблеме помощи студентам первого курса в организации самостоятельной работы при изучении общего курса физики на кафедре физики имени В.А. Фабриканта НИУ «МЭИ». В настоящее время требования компетентностной модели образования по приобретению знаний, умений и навыков по изучаемой дисциплине могут быть выполнены только при интенсивной самостоятельной работе студента с участием преподавателя. Одним из способов организации этой работы является проведение дистанционных консультаций с применением СДО «Прометей».

ВВЕДЕНИЕ

Многочисленные исследования [1—3] показали, что современные студенты первого и второго курсов сталкиваются с трудностями в обучении, так как не умеют самостоятельно находить решения, организовывать своё время для занятий, не понимают сложно представленный материал, не могут усваивать большие объёмы информации. При этом студенты легко ориентируются в информационных ресурсах и могут быстро находить нужную информацию. Поэтому с целью повышения качества образования для студентов младших курсов необходимы внешний контроль их деятельности и психологическое сопровождение (как индивидуальное, так и групповое) [2, 3]. В связи с этим на кафедре физики имени В.А. Фабриканта НИУ «МЭИ» в настоящее время разрабатывается методика проведения дистанционных консультаций по физике с применением системы дистанционного обучения (СДО) «Прометей». При этом на кафедре работает и консультационный центр, где проводятся очные групповые или индивидуальные консультации.

1. ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ КОНСУЛЬТАЦИЙ

С введением компетентностного подхода в образовательном процессе роль преподавателя стала заключаться не только в передаче знаний, но и в умении сориентировать студента в большом объёме общедоступной информации. Это привело к необходимости усиления индивидуальной работы преподавателя со студентами и повышению доли аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы студентов.

В связи с этим приобретает актуальность такой вид занятий со студентами, как консульта-

ции, которые могут быть потоковыми, индивидуальными или групповыми с относительно небольшим числом студентов. При этом количество предусмотренных аудиторных потоковых консультаций для лектора потока, привязанное к лекционным часам, недостаточно для обеспечения индивидуального подхода к студенту при проведении данного вида занятий. Для проведения аудиторных индивидуальных или групповых консультаций трудно найти общее удобное для всех время, кроме того, такие консультации обычно являются разовыми, и преподаватель никак не отслеживает усвоение студентом рассмотренного им материала.

Развитие информационных технологий даёт возможность организовать индивидуальные консультации в дистанционной форме с применением СДО «Прометей» в качестве дополнительной образовательной услуги и проводить эти консультации не один или несколько раз, а в течение всего семестра. При этом преподаватель индивидуально дистанционно консультирует каждого студента и отслеживает динамику усвоения студентом изученного материала без проведения контроля знаний и их оценки.

2. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ КОНСУЛЬТАЦИЙ ПО ФИЗИКЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ СДО «ПРОМЕТЕЙ»

В начале каждого семестра на кафедре физики составляется список преподавателей, готовых взять студентов на дистанционное консультирование. Преподаватели подбираются из числа прошедших специальные курсы повышения квалификации, организованные в НИУ «МЭИ». Запись на такие консультации проводится в течение первого месяца обучения в семестре. Каждому студенту предоставляется преподаватель, за которым закреплено не более 10 студентов. При этом преподаватели тесно сотрудничают со студентами в течение всего семестра.

В СДО «Прометей» преподаватель формирует план консультаций с использованием возможностей кафедры по дистанционному консультированию, где учтены особенности учебной программы по каждому направлению подготовки, соотношение часов аудиторной и самостоятельной работы студента, наличие различных мероприятий текущего контроля. В плане обязательно указано, какие тесты и перед какими мероприя-

тиями текущего контроля проходит студент, а также когда и как он может проконсультироваться у преподавателя по результатам тестирования.

Система дистанционного обучения «Прометей» позволяет провести тестирование за ограниченное время, чтобы студент смог прочувствовать быстроту принятия решений, кроме того, предусмотрены различные формы заданий в режиме самопроверки или тренинга [4]. Все тесты были разработаны авторским коллективом кафедры физики им. В.А. Фабриканта и оформлены в СДО «Прометей».

Преподаватель регулярно обеспечивает доступ студента к этим тестам без ограничения количества подходов. Результаты прохождения тестирования обсуждаются со студентом с указанием разделов курса, на которые обучающемуся необходимо обратить повышенное внимание. Преподаватель отвечает на вопросы обучающихся в течение 24 часов в рабочие дни путём обмена файлами, с использованием чата или форума в СДО «Прометей».

Проводя тестирования и консультации, преподаватель по их результатам постоянно отслеживает динамику освоения студентом изученного материала без выставления оценок, помогая ему понять, какие темы или разделы семестрового курса требуют повторного или дополнительного изучения.

В осеннем семестре 2015/2016 учебного года данная система работает на кафедре физики им. В.А. Фабриканта в тестовом режиме только для шести студентов, для которых организованы как очные, так и дистанционные консультации с целью сравнения двух подходов. При этом студенты отметили, что достоинства дистанционных консультаций состоят прежде всего в их оперативности и большей эффективности, так как не нужно каждый раз подбирать удобное время для встречи и можно рассмотреть больше вопросов. Однако студенты выявили и недостатки дистанционных консультаций, связанные с тем, что для них требуется больше самостоятельной работы

при изучении необходимого материала; не у всех студентов это получается на начальной стадии. Но при правильной организации работы студента со стороны преподавателя, связанной с постепенным увеличением трудности изучаемого материала, для большинства студентов эта проблема постепенно снимается.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие системы дистанционных консультаций позволяет обеспечить освоение студентом общекультурных компетенций, направленных на его самоорганизацию, самообразование и саморазвитие. В частности, студент учится планировать свободное от аудиторных занятий время, организовывать самостоятельное изучение материала, анализировать результаты своего обучения.

Система дистанционных консультаций в перспективе может быть применена и для обеспечения контакта студентов с преподавателями разных вузов, например для помощи поступления в другой вуз по окончании обучения по программе бакалавриата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Карпушкина Г.И., Ляпина И.Ю., Дьяконова К.С., Соколов Р.В.** Особенности восприятия информации современными российскими студентами // Международный журнал экспериментального образования. 2014. № 6. С. 116—117.
2. **Исаева Е.Р.** Новое поколение студентов: психологические особенности, учебная мотивация и трудности в процессе обучения первого курса // Медицинская психология в России: электрон. науч. журн. 2012. № 4 (15). [Электронный ресурс]. URL: Режим доступа: <http://medpsy.ru>.
3. **Лумпиева Т.П., Волков А.Ф.** Поколение Z: Психологические особенности современных студентов [Электронный ресурс]. URL: <http://ea.donntu.edu.ua:8080/jspui/bitstream>
4. **Бадамшина Э.Б., Бамбуркина И.А.** Контроль и оценка знаний по физике с применением дистанционных образовательных технологий // Новые информационные технологии в образовании: Материалы Международной науч.-практ. конференции. Екатеринбург, 2012. С. 341—343.

E.B. Badamshina, I.A. Bamburkina, K.M. Lapitskiy

BadamshinaEB@mpei.ru; BamburkinaIA@mpei.ru; LapitskiyKM@mpei.ru
National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

WORKING OUT OF DISTANT CONSULTATION METHODS IN PHYSICS BY USING LMS «PROMETEY»

SUMMARY

The article is devoted to the actual problem to assist first-year students in the organization of self-education in general physics course on the department of physics named after V.A. Fabrikant of NRU MPEI. Currently, the requirements of competence educational model to get knowledge and skills of studied subjects can be performed only by students self-education with tutor's help. One the ways to organize this work is to carry out remote consultations using Learning Management System (LMS) «Prometey».

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНСТРУКТОРА ТЕСТОВ В СИСТЕМАХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён обсуждению проблем создания заданий для проведения тестирования студентов младших курсов с использованием современных информационных технологий. Анализируются существующие программы для написания тестов. Приводятся примеры и формируются требования к возможностям новых программных оболочек и конструкторов тестов по общему курсу физики.

ВВЕДЕНИЕ

Необходимым условием эффективности преподавания различных дисциплин является возможность быстрого и эффективного контроля усвояемости пройденного материала. Наиболее интенсивное развитие в последнее время получила такая форма оценки успеваемости, как дистанционное тестирование. Такой вид контроля позволяет широко использовать информационные технологии.

Компьютерное тестирование значительно расширяет возможности педагогического контроля, основанного на анализе результатов и динамике прохождения учащимися диагностических тестов, повышает информативность процесса оценки приобретаемых студентами навыков и умений.

Авторы доклада приняли участие в подготовке и проведении крупномасштабного компьютерного тестирования знаний студентов по физике, которое проводилось в весеннем семестре 2014/2015 учебного года для двух потоков студентов первого курса института электротехники и института электроэнергетики, входящих в состав НИУ «МЭИ». Основываясь на опыте проведения такого тестирования, хотелось бы поделиться своими наблюдениями, а также проанализировать потребности в информационном обеспечении подобных процессов.

1. ГРАФИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ КОНСТРУКТОРА ТЕСТОВ

Для реализации проведения тестирования использовалась система дистанционного обучения «Прометей», поставляемая компанией «Виртуальные технологии в образовании» (http://www.prometeus.ru/actual/08_about/about.html). Технология создания электронных учебных комплексов, методика преподавания и основные принципы удалённой работы со студентами в данной системе подробно описаны в литературе [1, 2].

Среда «Прометей» активно и успешно используется при проведении дистанционного обучения и текущего контроля знаний в ФГБОУ ВО Национальный исследовательский университет «МЭИ».

Проанализируем возможности этой оболочки с точки зрения составления тестовых заданий, необходимых для проверки знаний по общетехническим дисциплинам.

Основной задачей тестирования, в отличие от других контрольных мероприятий, является быстрая и объективная оценка общего уровня полученных знаний. Она возможна на основе тестов мировоззренческого характера и позволяет выявить «провальные» темы для последующей коррекции учебных программ и часов, отводимых на изучение конкретных разделов, а также для совершенствования методологии подачи материала.

Приведём пример такого тестового вопроса, реализованный в системе «Прометей» (рис. 1):

Вопрос: Внутри длинного соленоида (на рисунке изображен в разрезе) помещен образец парамагнитного вещества. Выберите правильное направление намагниченности. (Вес: 1)

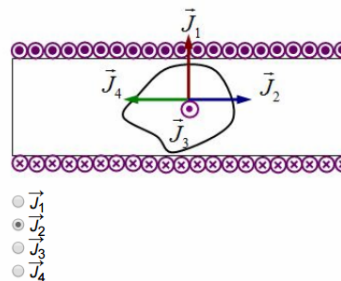


Рис. 1. Пример задания с выбором вектора

Система «Прометей» позволяет вставить в текст вопроса изображение, тем самым облегчить восприятие и понимание ситуации тестируемым, что очень важно в случае обучения общей физике. Ответ на этот вопрос можно реализовать только по типу «один из многих», что подразумевает выбор одного правильного ответа из списка предложенных. При этом уже изображённые варианты ответов ограничивают физический анализ вопроса студентом. Составители тестов оказываются ограничены возможностями интерфейса.

Большой образовательный эффект будет иметь тот же вопрос в форме задания с конструируемым ответом: изобразите правильное направление вектора намагниченности. При этом на рисунке должны отсутствовать варианты для выбора. Ответ на такой вопрос потребует от тестируемого теоретического анализа физического явления.

ния и выполнения графических построений, что значительно расширяет возможности измерения интеллектуальных умений и когнитивных навыков. Система анализа программой правильности данного ответа усложнится: потребуется обработка координат точек экрана, стандартные возможности рисования. Например, вектор может изображаться студентом заданием положения начала и конца, как это реализовано практически во всех графических редакторах. Работа с координатами точек тоже давно освоена программистами, и даже нашла себе применение в системе «Прометей», но, к сожалению, в самом упрощённом виде. Здесь возможен только графический выбор области на экране.

Можно привести ещё массу примеров, когда графический интерфейс будет востребован в тестах. Отдельно надо отметить, что при наличии таких возможностей тесты превращаются из контролирующих средств в обучающие. Это особенно важно при использовании тестов в дистанционном обучении.

2. РАБОТА С ОБЪЕКТАМИ

Освоение общего курса физики студентами предполагает владение формулировками, т.е. записью в виде формул, основных законов и определений. Словесная формулировка должна сопровождаться записью математической формулы. И если работа с текстами хорошо реализована в системе «Прометей», то редактор формул отсутствует. Работа с формулами возможна только как с графическими объектами (по сути, рисунками).

Приведём пример теста на получение или выбор формулы (рис. 2).

Вопрос: Напряжённостью магнитного поля по определению называется (Вес: 1)

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu\mu_0}$$

$$\vec{J} = \chi\vec{H}$$

$$\vec{J} = \frac{1}{V} \sum \vec{p}_{mi}$$

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{J}$$

Рис. 2. Пример задания с выбором формулы

При создании таких вопросов авторы тестов вынуждены использовать в качестве ответов либо формулы, не относящиеся к данному вопросу, либо заведомо ошибочные. Задавать в качестве ответов неверные формулы, по мнению авторов, недопустимо, поскольку они заносятся в зрительную память наряду с правильными.

Эффективность теста можно повысить, если позволить студенту самостоятельно конструировать формулу на экране. Для этого достаточно отобразить в виде объектов обозначения ряда физических величин и коэффициентов. При ответе на вопрос осуществляется перемещение объектов на экране для создания формул. Такой подход

реализован во многих обучающих интерактивных играх, но никак не используется при обучении студентов.

3. РАБОТА С ГРАФИКАМИ

Интересным вариантом тестовых вопросов является класс задач по построению и анализу графического изображения функциональных зависимостей физических величин. Здесь возможно составление заданий различного уровня сложности.

Приведём пример самого простого задания на этот тип тестов (рис. 3).

При существующих вариантах тестов приходится приводить в ответах как правильные варианты, так и не имеющие физического смысла. Обучающий эффект программного средства был бы значительно выше в случае самостоятельного создания студентом требуемого графика.

Для реализации такого построения возможно либо записать аналитическую зависимость, либо «собрать» график из готового шаблона кривых.

В первом случае конструктор тестов должен обладать инструментарием уровня программ – графических калькуляторов, которые в большом количестве представлены на рынке программных продуктов. Например, графические калькуляторы MatLab Apps LLC, MathAlly, программы Algeo Graphing Calculator (Marton Veges), Grapher (opticon) и т.д.

Вопрос: Выберите график, соответствующий зависимости ёмкости конденсатора C от напряжения между его обкладками. (Вес: 1)

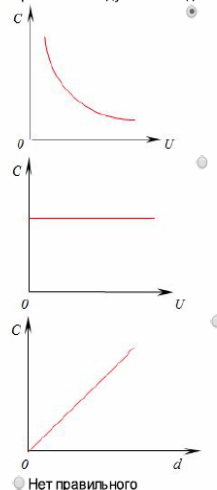


Рис. 3. Пример задания с выбором графического ответа

Во втором случае нужны возможности перетаскивания элементов по экрану, аналогичные описанным выше, для работы с формулами. Такие возможности позволят реализовать задания по построению кусочно-непрерывных функций, которые возникают, например, при анализе силовых и энергетических характеристик электрического или магнитного полей, установления соответствия между функциями, проверке дифферен-

циальной или интегральной связи физических величин и т.п.

Пример задания на установление соответствия приведён на рис. 4.

Вопрос: Установите соответствие между парами графиков.

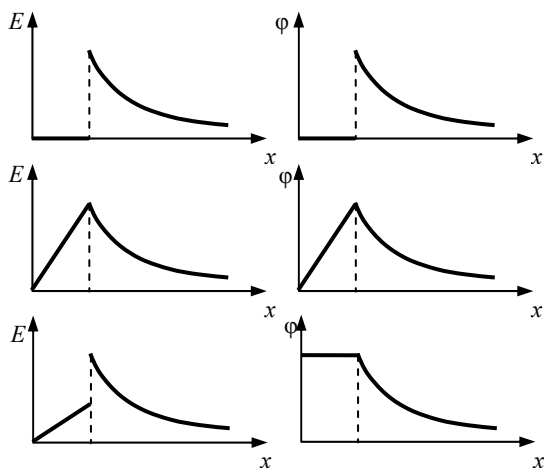


Рис. 4. Пример задания на выбор соответствия графиков

Существующие конструкторы тестов позволяют реализовать такое задание по схеме «соответствие между парами значений». Расширение возможностей конструктора тестов, позволяющее проводить построения и не предлагающее готовых ответов заставит студента действительно проанализировать задание и исключит возможность угадывания.

4. КОНСТРУКТОРЫ ТЕСТОВ

Разнообразие анонсированных на рынке программных продуктов, начиная с простых бесплатных конструкторов тестов, доступных онлайн (Online Test Pad, Let's test, Testserver.pro и т.п.), до программных педагогических средств, рассчитанных на весь спектр потребностей дистанционного обучения (система дистанционного обучения «Прометей», WebTutor, ShareKnowledge и т.п.), говорит о востребованности программных продуктов такого рода.

Обзор существующих систем дистанционного образования можно найти в статье [3]. Практически все предлагаемые системы включают в себя инструментальный пакет для разработки тестов. Это позволяет строить тесты по многовариантной схеме с использованием широкого перечня типовых тестов, основными из которых являются:

- выбор одного варианта ответа из нескольких возможных (порядок следования вариантов генерируется случайным образом);
- выбор нескольких вариантов в ответе без указания их порядка;
- выбор нескольких вариантов в ответе с указанием их порядка;

- упорядочение элементов последовательности;

- соответствие между парами значений;
- ввод численного ответа;
- ввод текста;
- заполнение формы документа (бланка);
- последовательность кликов мышью на графических объектах (выбор пункта в системе меню, открытие контекстного меню и т.д.).

Графическая оболочка для разработки тестов позволяет преподавателю:

- создавать рабочие наборы тестов и наборы тестов для пробного тестирования;
- изменять характеристики набора тестов;
- удалять, копировать и перемещать наборы тестов;
- создавать тесты на основе перечня типовых тестов;
- изменять характеристики тестов;
- изменять критерии оценок для тестов;
- удалять, копировать и перемещать тесты из одного набора в другой.

С точки зрения возможностей использования при преподавании общетехнических дисциплин выделяется Online Test Pad. Эта оболочка имеет встроенный редактор формул собственной разработки и позволяет пользователю сформировать библиотеку формул. Возможности использования редактора формул Microsoft Equation при наличии на компьютере установленного пакета Microsoft Office или более поздней версии, анонсируют также разработчики редактора тестов easyQuizzy.

Ещё одной полезной функцией современных конструкторов тестов является возможность работы с видеофайлами. Эту возможность предлагают создатели конструкторов, входящих в состав системы «Прометей», Online Test Pad и т.д.

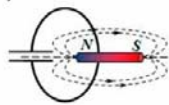
Однако разработка качественных видеоматериалов, как правило, сопряжена с большими временными и финансовыми затратами. Кроме этого, для воспроизведения видеофайлов существенно повышаются требования к операционной системе пользователя, видеокартам и интернет-трафику при дистанционной работе.

В качестве выхода из этого положения можно предложить использование анимации.

Во многих задачах курса физики проявление физических явлений обусловлено движением системы или её составляющих. Значение имеет направление движения, изменение угла поворота в пространстве, увеличение или уменьшение скорости, взаимное расположение тел и т.п. Даже самый качественный рисунок далеко не всегда создаёт правильное представление о происходящем у студента и требует громоздкого текстового пояснения. Особенно существенно это становится при трёхмерных задачах. Один из примеров,

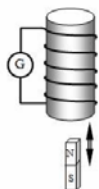
приведённых на рис. 5, демонстрирует всю сложность выполнения задачи.

Вопрос: В вертикально расположенный проводящий контур вдвигают полюсовый магнит. Контур замкнут на плоский конденсатор, обкладки которого расположены горизонтально. Укажите, какая обкладка конденсатора заряжается положительно. 1)



- всегда верхняя
- всегда нижняя
- если магнит приближается северным полюсом, то верхняя
- если магнит приближается северным полюсом, то нижняя

Вопрос: В катушку, замкнутую на гальванометр первый раз быстро, второй – медленно вдвигают магнит. Заряд, прошедший через гальванометр ... (Вес: 1)



- в первом случае меньше, чем во втором
- в первом случае больше, чем во втором
- окажется одинаковым
- будет равен нулю в обоих случаях

Рис. 5. Примеры заданий, требующих анимации

Элементарная анимация позволила бы визуализировать движение магнита, а следовательно, сократить время, необходимое студенту на восприятие вопроса и исключить ошибки, связанные с недопониманием условия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной задачей программ дистанционного обучения в настоящее время является формирование компетенций, прописанных в федеральном образовательном стандарте для каждого направления подготовки.

Осуществление текущего контроля является одной из главных проблем дистанционного образования. На сегодняшний день отмечается усиление функции педагогического контроля в системе ДО,

проявляющееся в повышении роли входного, текущего и итогового тестирований. Для этого современные программные средства должны позволять интегрировать обучающие возможности в средства педагогических измерений.

Традиционно главным аспектом проблемы контроля в дистанционном обучении считается развитие его технологического и материально-технического обеспечения. При этом качество используемых тестов, корректное представление материала с учётом особенностей его восприятия обучающимися остаются без должного внимания.

В данной работе авторы попытались наметить некоторые перспективы развития программного комплекса, обеспечивающего дистанционное обучение и его неотъемлемую часть — дистанционное тестирование. Реализация предложенного качественного подхода позволит обеспечить повышение конструктивной и содержательной валидности тестового задания и обеспечит объективную оценку умений и навыков студентов. Вместе с тем потребуются работа квалифицированных программистов в непосредственном контакте с разработчиками конкретных тестов. В этом случае она позволит поднять дистанционное тестирование на новый качественный уровень.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Филатова З.М.** Технология создания электронного учебного комплекса в системе дистанционного обучения «Прометей». //Филология и культура. 2011. № 23. С. 7—12.
2. **Фирсова Е.В.** Методика преподавания дискретной математики с использованием системы дистанционного обучения «Прометей» //Молодой ученый. 2012. № 6. С. 447—451.
3. **Богданов В., Прохоров А.** Системы дистанционного образования // Компьютер-Пресс. 2001. № 8. С. 138—142.

O.V. Biryukova, I.V. Koretskaya

BiryukovaOV@mpei.ru; KoretskayaIV@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

TEST CONSTRUCTOR USING IN DISTANCE LEARNING SYSTEM: ISSUES AND PROBLEMS

SUMMARY

This report is devoted to discussing several problems with tasks for tests on physics. Existing programs for tests creation are analyzed. Examples are included; requirements for the abilities of the new soft shells and test constructors for the general physics course are formulated.

ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ДНЕВНИКОВ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён рассмотрению особенностей системы инженерного образования как объекта управления безопасностью электронного обучения. Анализируются основные угрозы электронному обучению, являющемуся неотъемлемой частью подготовки инженерно-технических работников. Приводятся принципы безопасности и пример решения задач электронного обучения на основе применения персональных электронных дневников в национальном исследовательском университете «ЮУрГУ»

ВВЕДЕНИЕ

Развитие практико-ориентированного подхода в инженерном образовании, целесообразность совмещения процессов профессиональной и образовательной деятельности требуют применения эффективных способов процессов генерации и передачи знаний. Эффективным инструментом, позволяющим решать эту проблему современности, является электронное обучение. Оно возникло благодаря развитию интернета и мультимедиа, его ключевыми моментами являются консалтинг, контент, технологии, сервисы и поддержка (Nagy, 2005) [1]. В настоящее время мировая индустрия электронного обучения стремительно развивается, на начало текущего века она составила \$48 млрд (ЕС, 2000) [2]. По данным консорциума Sloan на 2011 год в США в онлайн-обучении в высших учебных заведениях было вовлечено шесть миллионов студентов (Allen, 2011) [3].

В настоящее время развитие электронного обучения привлекает многих учёных. D. Zhang и др. рассмотрели влияние использования интерактивного видео на результаты обучения и удовлетворённость обучаемых при электронном обучении (Zhang, 2006) [4]. U.M. Krause и др. исследовали вопросы эффекта обратной связи в электронном обучении статистике [5]. Проблему управления электронными образовательными проектами изучали D. Palacios-Marqués и др., они определили, что для руководителей таких проектов требуются педагогические, технические компетенции [6]. R.N. Shaidullin и др. выделили сильные стороны электронного обучения, которые включают гибкость, персонализацию, интерактивность и способность к адаптации [7].

С развитием информационных технологий наблюдается усиление угроз безопасности. Например, о росте угрозы экономической безопасности свиде-

тельствуют результаты исследования: киберпреступность в 2012 году принесла потери \$2 млрд для России и \$110 млрд для всего мира [8].

Рассмотрению основных угроз и принципов безопасности применительно к инженерному образованию в условиях электронного обучения посвящён данный доклад.

1. УГРОЗЫ БЕЗОПАСНОСТИ В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ

В результате развития электронного обучения усиливаются угрозы для психологической, социальной и экологической безопасности в связи с уменьшением времени общения преподавателя со студентом и недостаточной надёжностью средств и методов обмена информацией. При этом возрастает роль представления учебной информации с точки зрения её восприятия и усвоения. Вопросам проектирования информационной подготовки кадров по критерию безопасности (в том числе и в области электронного обучения) посвящена работа С.А. Богатенкова [9].

Однако, несмотря на достигнутые успехи, многие вопросы, связанные с контролем и оценкой достижений учащихся в условиях электронного обучения не рассматривались или рассматривались не в полной мере.

В системе диагностики применяется портфолио как новая форма контроля и оценки достижений учащихся, его характеристика, доказательство прогресса в обучении по результатам, приложенным усилиям, материализованным продуктам учебно-познавательной деятельности, включая самооценку.

При традиционной форме диагностики данный процесс достаточно трудоёмкий и отнимает много времени, т.е. существуют угрозы, отрицательно влияющие на результат.

Применение дистанционных образовательных технологий даёт возможность минимизировать данные угрозы безопасности в результате применения персональных электронных дневников (ПЭД) или веб-портфолио.

Веб-портфолио (веб-портфель, web-portfolio) — это веб-базированный ресурс, который отражает рост учебных или профессиональных достижений владельца.

Веб-портфолио школьника и студента — это веб-сайт, на котором отражаются образовательные результаты: результаты выполнения лабора-

торных работ, проектных заданий, совместной деятельности.

Веб-портфолио отличаются:

- гипертекстовая технология построения веб-ресурса, позволяющая реализовать связи между компонентами модели портфолио наиболее наглядно в виде перекрёстных ссылок;

- структурированность, открытость, платформонезависимость, переносимость и гибкость веб-ресурсов, позволяющие модифицировать веб-ресурсы, проводить поиски сравнительный анализ и строить различные визуализации контента (сводные таблицы, деревья, диаграммы и т.д.);

- коммуникативная направленность веб-ресурсов, позволяющая обучаемым осуществлять информационное взаимодействие на базе своих портфолио.

Действующий и размещённый в сети Интернет ПЭД объективно подтверждает компетенции студента в области информационных технологий. Дневник является эффективным и органичным инструментом для создания портфолио, формирования имиджа будущего выпускника и комплексного формирования навыков написания текстов, а также является действенным средством текущего контроля знаний [10, с. 3].

Однако при разработке и ведении ПЭД имеют место угрозы безопасности.

Во-первых, многообразие средств и методов создания и ведения ПЭД приводит к существованию угроз экономической безопасности, связанных с их объективным выбором.

Во-вторых, имеет место угроза психологической безопасности, обусловленная отсутствием мотивации, так как процедура создания и ведения ПЭД требует трудозатрат, которые не оплачиваются и не стимулируются иным образом.

В-третьих, существует угроза информационной безопасности, связанная с возможностью несанкционированного доступа к материалам ПЭД и использованием недостоверной и (или) неактуальной информации.

В-четвёртых, отсутствие учебного материала требуемой формы и содержания для оценки и контроля обучаемого (а также для выполнения иных функций дневника) свидетельствует о существовании угрозы дидактической безопасности.

2. ПРИНЦИПЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ДНЕВНИКОВ

Для минимизация названных угроз нами предложен ряд принципов.

Экономическая безопасность. Выбор средств и методов создания и ведения ПЭД должен удовлетворять критерию минимизации отношения цены к качеству.

Психологическая безопасность. Мотивация создания и ведения ПЭД обуславливается рядом соображений. Во-первых, необходимо научиться в течение обучения правильно и понятно выражать свои мысли. Во-вторых, обучаемый должен в выгодном для себя виде показать всё, что сделано в образовательной организации, с тем чтобы облегчить поиск работы. В-третьих, имеет смысл делом доказать свои компетенции в области информационных технологий. Кроме того, необходимо включить в учебный процесс вопросы создания и ведения ПЭД, чтобы обеспечить обязательность их выполнения.

Информационная безопасность. Минимизация угрозы несанкционированного доступа к материалам ПЭД должна обеспечиваться системой паролей и иными средствами. Угроза использования недостоверной и (или) неактуальной информации должна минимизироваться в результате применения информации, защищённой свидетельствами и сертификатами, подтверждающими ее новизну и приоритетность, а также иными средствами защиты интеллектуальной собственности.

Дидактическая безопасность. Угроза отсутствия учебного материала требуемого содержания и формы для оценки и контроля обучаемого (а также для выполнения иных функций дневника) должна минимизироваться требованиями к структуре и содержанию ПЭД, а также сроками к результатам работы.

3. ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ДНЕВНИКОВ В НИУ «ЮУрГУ»

Принципы безопасности обеспечиваются в результате внедрения соответствующих технологий при подготовке студентов, преподавателей и сотрудников деканата факультета «Экономика и предпринимательство» Южно-Уральского государственного университета. Результатом такой подготовки является созданный ПЭД, позволяющий значительно повысить эффективность профессиональной деятельности. Пример ПЭД дисциплины «Разработка сайтов и Web-страниц» можно посмотреть на сайте <http://ee-web.susu.ru>, а пример ПЭД преподавателя — на сайте <http://waksoft.susu.ru>.

Экономическая безопасность в рамках учебного процесса привела к необходимости выбора хостинга, который, с одной стороны, имеет максимум возможностей для обучения, с другой стороны, является бесплатным. По этой причине нами выбран бесплатный хостинг <http://www.hostinger.ru/>, предоставляющий 2 Gb на диске, 100 Gb трафика, PHP, MySQL. При этом отсутствует реклама, достигается достаточная надёжность для обучения, есть возможность оптимизации настроек для работы WordPress,

обеспечивается достаточно высокий лимит памяти для выполнения PHP-скриптов, существует своя административная панель управления хостом с множеством функций, имеется грамотная и бесплатная служба поддержки. Мы предоставляем студентам свободу выбора, рекомендуя в качестве альтернативы WordPress для создания ПЭД более простое, но менее функциональное средство Wix.

Информационная безопасность от несанкционированного доступа и вандализма в особенности для веб-приложений на платформе WordPress, взлом которых участился в 2015 году, обеспечивается в результате создания мультисайтов, администраторами которых являются преподаватели дисциплин, компетентные в области информационной безопасности. В среде мультисайта студенты регистрируются в соответствии с требованиями безопасности и создают свои сайты — ПЭД, в которых отражают результаты своей работы в соответствии с заданиями на мультисайте.

На мультисайте для обучения студентов помещена информация в отношении авторских прав на опубликованные в ПЭД произведения. Тем самым произведения передаются в «общественное достояние». Для них применяется концепция лицензирования Creative Commons (см. <http://creativecommons.org/>). Перечислим шесть основных лицензий, шесть стандартных пакетов требований, которые должны быть выполнены при использовании публичных материалов.

1. BY Attribution (Атрибуция). Лицензия позволяет распространять, редактировать, править и принимать за основу опубликованные в ПЭД материалы, распространять их с коммерческими и некоммерческими целями при единственном условии: указание авторства.

2. CC BY-SA Attribution-ShareAlike (Атрибуция – С сохранением условий). Лицензия позволяет распространять, редактировать, править и принимать за основу заметки ПЭД, распространять их с коммерческими и некоммерческими целями при условиях: 1) указание авторства, 2) вновь созданные производные произведения лицензируются на этих же условиях.

3. CC BY-ND Attribution-NoDerivs (Атрибуция — Без производных произведений). Лицензия позволяет распространять произведение с коммерческими и некоммерческими целями при условиях: 1) указание авторства, 2) произведение передаётся неизменным и целиком.

4. CC BY-NC Attribution-NonCommercial (Атрибуция – Некоммерческое использование). Лицензия позволяет распространять, редактировать, править и принимать за основу опубликованные в ПЭД материалы, распространять их только на некоммерческой основе при условиях: 1) указание авторства, 2) вновь созданные производные

произведения лицензируются как некоммерческие.

5. CC BY-NC-SA Attribution-NonCommercial-ShareAlike (Атрибуция – Некоммерческое использование — С сохранением условий). Лицензия позволяет распространять, редактировать, править и принимать за основу опубликованные в ПЭД материалы, распространять их только на некоммерческой основе при условиях: 1) указание авторства, 2) вновь созданные производные произведения лицензируются как некоммерческие, 3) вновь созданные производные произведения лицензируются на этих же условиях.

6. CC BY-NC-ND Attribution-NonCommercial-NoDerivs (Атрибуция – Некоммерческое использование – Без производных произведений). Делиться материалами с другими можно только при выполнении следующих требований: 1) указание авторства, 2) материалы передаются неизменными и целиком, 3) разрешается только некоммерческое использование.

Подготовка студентов, преподавателей и сотрудников деканата факультета «Экономика и предпринимательство» Южно-Уральского государственного университета для разработки и ведения ПЭД планомерно осуществляется и контролируется. Студенты факультета должны разработать ПЭД в рамках дисциплины «Разработка сайтов и Web-страниц». Преподаватели и сотрудники должны разработать ПЭД в результате соответствующих курсов повышения квалификации. Плановая работа в этом направлении обеспечивает **психологическую** безопасность обучаемых.

Дидактическая безопасность обеспечивается требованиями к рубрикации, содержанию и срокам выполнения работы. Для студентов рубрикация должна включать наименования изучаемых дисциплин и виды работ. Для преподавателей дополнительно указываются номера групп и ФИО студентов. Для сотрудников деканата рубрикация определяется в соответствии с их должностными обязанностями.

По результатам Всероссийского смотроконкурса педагогических изобретений 2015 года в г. Кирове авторы доклада стали победителями в номинации «Изобретения, направленные на управление образовательной организацией». Они получили сертификат соответствия органа по сертификации РОССТАНДАРТ № РОСС RU.И1052.04ЖЖХ0132 на конкурсное средство обучения «Концепция управления безопасностью электронного обучения на основе применения персональных электронных дневников», а само средство обучения включено в единую базу средств обучения АНО ДПО «Межрегиональный центр инновационных технологий в образовании» (<http://gost.mcito.ru>).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие дистанционных технологий в инженерном образовании на современном этапе немыслимо без учёта комплекса угроз безопасности. Основные принципы минимизации данных угроз в инженерном образовании предполагают применение ПЭД. Экономическая безопасность в рамках учебного процесса привела к необходимости выбора хостинга, который, с одной стороны, имеет максимум возможностей для обучения, с другой стороны, является бесплатным. Информационная безопасность обеспечивается в результате создания мультисайтов, администраторами которых являются преподаватели дисциплин, компетентные в области информационной безопасности. Плановая работа в направлении обучения участников образовательного процесса обеспечивает психологическую безопасность обучаемых. Дидактическая безопасность обеспечивается требованиями к рубрикации, содержанию и срокам выполнения работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Nagy A.** (2005). The impact of e-learning. In E-Content (pp. 79-96). Springer Berlin Heidelberg. http://dx.doi.org/10.1007/3-540-26387-X_4
2. **ЕС (2000)**. Communication from the Commission: E-Learning – Designing «Tejas at Niit» tomorrow's education. Brussels: European Commission
3. **Allen I.E., & Seaman J.** (2011). Going the distance: Online education in the United States, 2011. Babson Survey Research Group. Retrieved September 30, 2014, from http://olc.onlinelearningconsortium.org/publications/survey/going_distance_2011
4. **Zhang D., Zhou L., Briggs R.O., & Nunamaker Jr J.F.** (2006). Instructional video in e-learning: Assessing the impact of interactive video on learning effectiveness. *Information & Management*, 43(1), 15—27. <http://dx.doi.org/10.1016/j.im.2005.01.004>
5. **Krause U.M., Stark R., & Mandl H.** (2009). The effects of cooperative learning and feedback on e-learning in statistics. *Learning and Instruction*, 19(2), 158—170. <http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2008.03.003>
6. **Palacios-Marqués D., Cortés-Grao R. & Lobato Carral C.** (2013). Outstanding knowledge competences and web 2.0 practices for developing successful e-learning project management. *International Journal of Project Management*, 31(1), 14—21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.08.002>
7. **Shaidullin R.N., Safiullin L.N., Gafurov I.R., & Safiullin N.Z.** (2014). Blended Learning: Leading Modern Educational Technologies. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 131, 105—110. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.04.087>
8. **Norton Cybercrime Report** (2012, May 9). 2012 Norton Cybercrime Report. Retrieved November 30, 2014, from http://now-static.norton.com/now/en/ru/images/Promotions/2012/cybercrimeReport/2012_Norton_Cybercrime_Report_Master_FINAL_050912.pdf
9. **Богатенков С.А.** Управление качеством информационной подготовки кадров по критерию безопасности: монография. Челябинск: Челяб. фил. ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия», 2015.
10. **Электронный журнал студента: методические указания** / В.В. Костерин; под ред. М.К. Ахтямова. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2013.

S.A. Bogatenkov, V.V. Kosterin

ser-bogatenkov@yandex.ru; waksoft@gmail.com

National Research University «South Ural State University», Chelyabinsk

ENGINEERING EDUCATION AS AN OBJECT OF SAFETY MANAGEMENT E-LEARNING USING A PERSONAL ELECTRONIC DIARY

SUMMARY

The report is devoted to the peculiarities of the engineering education system as an object of security management of the e-learning. Main threats to e-learning, which are an integral part of the training of technical personnel, are analyzed. We give an example of the principles of safety and solving the problems of e-learning through the use of personal electronic diaries in the National research university «South Ural State University».

РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён рассмотрению реализованной структуры и опыта применения системы дистанционного обучения электротехническим дисциплинам «ЭДО». Описаны подходы к организации образовательного процесса как неотъемлемой части подготовки инженерно-технических кадров в области электротехнических дисциплин на основе разработок и опыта применения кафедры теоретических основ электротехники (ТОЭ) ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ).

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в мире успешно развиваются дистанционное и открытое образование, в которых используются информационные технологии и современные методики обучения. Существуют различные способы организации дистанционного обучения на базе информационных технологий, из которых наиболее мобильными и перспективными являются технологии, основанные на применении телекоммуникационных сетей, в первую очередь, Интернет.

Кафедры российских вузов представлены в Интернет своими информационными ресурсами, одной из главных целей создания которых является обеспечение учебного процесса. В этом случае учебный процесс может быть организован на основе электронных образовательных ресурсов при обязательном наличии обратных связей (ОС), предназначенных для информационной поддержки обучающихся и контроля их знаний, умений и навыков (владений).

Коллективом преподавателей кафедры ТОЭ УГАТУ разработана и внедрена в учебный процесс система обучения электротехническим дисциплинам – «ЭДО» («Электротехника. Дистанционное Обучение») [1].

1. СОСТАВ И НАЗНАЧЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМЫ

Для реализации системы ЭДО важной задачей является разработка структуры базы данных (БД).

Система является частью сайта кафедры ТОЭ (<http://toe.ugatu.ac.ru>) и предназначена для обучения студентов электротехническим дисциплинам. При самостоятельном изучении дисциплин система обеспечивает информационную поддержку самостоятельной работы студентов (СРС). Кроме того, система обеспечивает преподавателю возможность объективного контроля умений и навыков решения студентами типовых задач анали-

за электрических и магнитных цепей, теории электромагнитного поля и других.

Система образована двумя дидактически связанными частями: учебно-методическим комплексом (УМК) и подсистемой объективного контроля решения студентами типовых задач, выданных для самостоятельного решения.

УМК представляет собой систему гипертекстовых версий рабочих (учебных) программ подготовки бакалавров и специалистов, обеспечивающую через гиперссылки доступ к полному комплексу учебно-методических материалов.

УМК размещены в свободном доступе на сайте кафедры ТОЭ (рис. 1). Это позволяет каждому студенту не только получить полное представление о содержании дисциплины, видах занятий и отчётности по ним, о необходимой литературе. УМК также предоставляет ему/ей весь необходимый комплект учебно-методических материалов: конспекты лекций, пособия по решению задач, методические указания к выполнению расчётно-графических и курсовых работ, комплекты аттестационных заданий, критерии оценки промежуточной аттестации и т.д. На сайте имеются страницы с демонстрациями программ моделирования электрических цепей и электромагнитного поля, разработанных на кафедре ТОЭ.



Рис. 1. Страница учебно-методического комплекса

Органичной частью системы «ЭДО» является подсистема объективного контроля решения студентами типовых задач. Разработанные и активно используемые на кафедре программы генераторов заданий позволяют осуществлять формирование и контроль типовых заданий с практически неограниченным числом вариантов по большинству тем ТОЭ и электротехнических дисциплин, способствуя организации СРС по индивидуальным заданиям [2].

Программы генераторов заданий формируют текстовые файлы с заданиями и ответами к ним для дальнейшего импорта в БД. Постановки задач, схемы цепей и характеристики элементов для студентов выдаются в печатном и/или электронном виде.

На основе содержания текстов заданий, численных значений исходных данных и методических указаний студент преобразовывает исходные схемы, в результате чего структура цепи для расчёта становится индивидуальной (рис. 2).

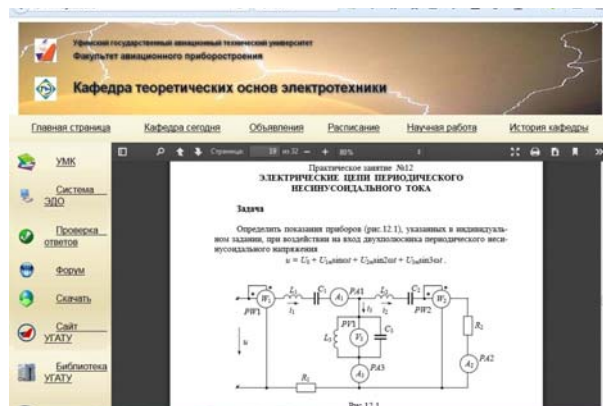


Рис. 2. Просмотр методических указаний к практическим занятиям

В примечаниях к текстам заданий указывается, что в исходных данных, например, сопротивление R и индуктивность L , равные нулю, означают короткие замыкания на месте этих элементов, а нулевое значение ёмкости C — разрыв ветви.

В условиях массового использования программно сгенерированных заданий при отсутствии автоматизации возникают неэффективные затраты времени при сравнении преподавателем результатов, полученных студентами в ходе решения задач.

Применяемая методика проведения занятий с использованием программно генерируемых индивидуальных заданий практически исключает возможность тиражирования студентами ответов, что устраняет общий недостаток систем тестирования. Вместе с тем применяемая методика и разработанное программное обеспечение обладают свойствами, позволяющими использовать их для тестов открытого или закрытого типов.

2. ОСНОВНЫЕ ПРОГРАММНЫЕ РЕШЕНИЯ

Названные обстоятельства предопределили необходимость разработки БД, хранящей информацию о численных значениях ответов вариантов типовых задач для каждого студента, и системы, предоставляющей доступ к ней через Интернет. Информационная модель БД сформирована с использованием CASE-технологий в прикладном пакете ERWin. В качестве основы для функционирования системы использована система управления базой данных (СУБД) MySQL. Для разра-

ботки автоматизированного рабочего места (АРМ) Администратора БД была использована среда программирования Borland Delphi 6. Система реализована на основе протокола HTTP, так как для пользователя удобнее использовать любой стандартный веб-браузер. Для связи с БД MySQL через Интернет был использован дополнительный набор компонентов MyDAC. Для функционирования системы в качестве веб-сервера был выбран Apache, а также PHP, позволяющий создавать скрипты для их выполнения сервером.

3. ПОДСИСТЕМА ОБЪЕКТИВНОГО КОНТРОЛЯ РЕШЕНИЯ СТУДЕНТАМИ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

Функциональная модель разработанной подсистемы объективного контроля решения студентами типовых задач включает: БД, АРМ Администратора и АРМ Клиента, а также систему контекстной подсказки.

БД системы и средство её ведения АРМ Администратора выполняют следующие функции:

- 1) хранят и предоставляют по запросу информацию об условиях и ответах к заданиям для практических занятий (семинарам), курсовым и расчётно-графическим работам (РГР), о списочных составах групп, фамилиях, именах и отчествах (ФИО) преподавателей;
- 2) обеспечивают сопоставление шестизначного шифра и номера варианта ФИО студента, группе, факультету и ФИО преподавателя;
- 3) обеспечивают администратору локальную загрузку данных из текстовых файлов единого образца, сформированных генераторами индивидуальных заданий;
- 4) поддерживают введение в БД новых индивидуальных заданий семинаров, РГР и курсовых работ, что обеспечивает расширяемость системы;
- 5) обеспечивают локальный ввод и изменение администратором списочного состава групп, состава преподавателей и обучаемых ими групп, в том числе с загрузкой этих данных из файлов;
- 6) обеспечивают администрирование, в том числе регистрацию новых студентов, их групп и преподавателей;
- 7) генерируют отчёт о текущем ходе выполнения заданий студентами;
- 8) обеспечивают защиту структуры БД и данных от несанкционированного доступа.

АРМ Клиента как средство обеспечения доступа к БД выполняет следующие функции:

- 1) формирует запросы к БД и отображает полученную информацию об условиях и ответах по семинарам, РГР и курсовым работам; о списочном составе групп, ФИО преподавателей и групп студентов;

Также в режиме АРМ Преподавателя пользователю доступна информация об успеваемости каждого отдельного студента по видам работ и темам заданий с указанием процента выполнения каждой задачи любого задания.

В отличие от распространённых «электронных журналов» журнал, отображаемый АРМ Преподавателя, заполняется автоматически по результатам самоконтроля студентов в режиме реального времени, т.е. БД системы хранит информацию об успеваемости каждого студента. На основе этой информации преподаватель или другие лица, имеющие аналогичные права доступа к системе, могут получить срез успеваемости группы в любое время учебного семестра и внести необходимые коррективы в процесс обучения (рис. 5).

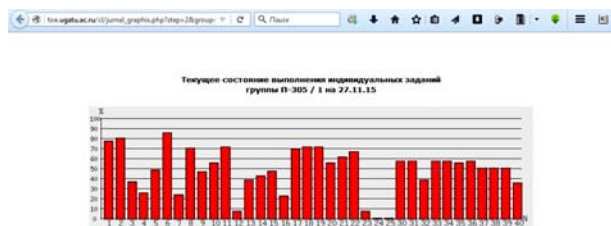


Рис. 5. Срез успеваемости группы в АРМ Преподавателя

6. ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ «ЭДО»

Основные компоненты системы «ЭДО» внедрены в учебный процесс кафедры ТОЭ УГАТУ в 2006 году [1]. В том же году основные компоненты системы «ЭДО» включены в каталог компьютерных учебных программ по электротехническим дисциплинам [2].

По информации, хранящейся в БД системы, с 2007 года по настоящее время:

- системой «ЭДО» воспользовались 11998 студентов очного и 1190 студентов заочного отделений университета и его филиалов;
- обучались студенты 1125 подгрупп (около 560 студенческих групп);

- были сгенерированы и использованы 277 970 вариантов индивидуальных заданий более чем по 30 темам практических занятий (семинаров), а также 48 694 вариантов РГР и курсовых работ.

Имеется успешный опыт кроссплатформенного использования системы «ЭДО» с различных мобильных устройств как преподавателями, так и студентами.

Объективная информация об успеваемости, хранящаяся в БД системы «ЭДО», позволяет организовать ОС в контурах «студент / преподаватель», «студенческая группа / преподаватель», «преподаватель / университет».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведённой работы система «ЭДО» внедрена в учебный процесс кафедры ТОЭ УГАТУ. В настоящее время на основе возможностей масштабирования системы проводятся работы по включению в неё других дисциплин кафедры, таких, как «Электротехника и электроника», а также расширение видов программно генерируемых заданий для РГР, курсовых и лабораторных работ, включая виртуальные. Так, с 2007 года введены два новых семинара и четыре РГР.

Подсистема объективного контроля решения студентами типовых задач отдельно от УМК может быть использована для дистанционного тестирования с применением тестов открытого или закрытого типов, например при подготовке к тестированию остаточных знаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукманов В.С. Интернет-система дистанционного обучения по ТОЭ / В.С. Лукманов, А.В. Гусаров, Е.В. Парфенов, И.Р. Енгальчев // Вестник УГАТУ. Уфа: Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. 2006. Т. 8. № 2 (18). С. 25—29.
2. Компьютерные учебные программы по электротехническим дисциплинам: [каталог программ] / ФГОУ ВПО «АГТУ»; под ред. А.Е. Краснопольского, Ю.Е. Бабичева, Л.Х. Зайнутдиновой, М.А. Польского. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2006. 40 с.

A.V. Gusarov, I.R. Engalychev, V.S. Lukmanov, E.V. Parfenov
gusarov-av@mail.ru; ilgiz.ugatu@mail.ru; toe@ugatu.ac.ru; pev_us@yahoo.com
 Ufa State Aviation Technical University, Ufa

IMPLEMENTATION OF DISTANT LEARNING SYSTEM FOR ELECTRICAL ENGINEERING

SUMMARY

The report is devoted to discussion on a structure of a distant learning system for electrical engineering “EDO” and to the experience of its application. The paper describes approaches to organization of the learning process as an integral part of the students’ education in the area of electrical engineering. The approach is based on the developments and experience of the Department of Theoretical Basis of Electrical Engineering at Ufa State Aviation Technical University.

ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ» ПО ПРОГРАММАМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ

АННОТАЦИЯ

В докладе представлен опыт преподавания дисциплины «Теоретические основы электротехники» для слушателей Центра подготовки и переподготовки «Экология энергетики», обучающихся по направлению «Электроэнергетика и электротехника» по программам профессиональной подготовки. Рассматриваются вопросы сочетания традиционных методов преподавания базовых технических дисциплин и использования современных мультимедийных средств.

ВВЕДЕНИЕ

В докладе представлен пятилетний опыт преподавания базовой дисциплины «Теоретические основы электротехники» (ТОЭ) слушателям Центра подготовки и переподготовки «Экология энергетики» (ЦППЭ МЭИ). ТОЭ — это фундаментальная базовая дисциплина, без овладения которой невозможно реальное понимание принципов функционирования отдельных элементов электроэнергетических устройств и систем. За очень сжатый срок ставится задача подготовить специалистов к успешной практической инженерной деятельности на энергетических предприятиях и производствах ТЭК, ЖКХ и других отраслей экономики, связанных с электроэнергетикой и электротехникой. При этом слушатели различаются уровнем базовой подготовки по данному направлению и не имеют профильного технического образования. Следует отметить, что слушатели в основном очень мотивированы и относятся к обучению с должным вниманием и усердием.

1. РАСШИРЕННОЕ ПРЕПОДАВАНИЕ И СПЕЦИАЛЬНАЯ УЧЕБНО- МЕТОДИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основой для изучения ТОЭ являются базовые разделы физики и математики, так как без знания физики и математики невозможно построить расчётную модель не только электроэнергетической системы в целом, но и отдельных её элементов, а также провести расчёт их характеристик. Именно отсутствие или недостаточность таковых знаний и является основной преградой для восприятия ТОЭ. Поэтому преподавание базовой для энергетиков и электротехников дисциплины требует учёта всех особенностей и отличается от «традиционного» преподавания студентам.

На первом занятии необходимо напомнить слушателям начальные сведения об электромаг-

нитном поле. При этом наиболее результативным является подход к восприятию физических понятий в «исторической ракурсе». История открытия и практического применения электрических и магнитных явлений очень познавательна, воспринимается с интересом и подготавливает слушателей к дальнейшей работе. Изложение материала должно вестись от рассмотрения физической природы рассматриваемого объекта к построению его математической модели и последующему расчёту методами ТОЭ с минимальным использованием сложного математического аппарата. Не относящиеся к традиционным вопросам ТОЭ разделы, посвящённые электротехническим материалам, основным элементам электроэнергетических систем, должны быть кратко изложены и восприняты слушателями. **Опыт преподавания показывает, что первейшая задача — восстановление базовых знаний по физике и математике.** Это подготавливает слушателей к осмыслению рассчитываемых количественных характеристик, дальнейшему восприятию схем электрических цепей, понятий «идеальная модель», «допущения при расчёте» и т.д. Конечно, подготовительная работа занимает много времени и сил, но без неё изучение ТОЭ и последующих профильных дисциплин является очень проблематичным. Основные понятия, терминология, моделирование и основные методы расчёта электроэнергетических систем рассматриваются в курсе ТОЭ и используются в дальнейшем при овладении знаниями по всем общепрофессиональным и специальным дисциплинам, а также дисциплинам целевой подготовки. Учебно-методическая литература для слушателей по программам профессиональной подготовки и повышения квалификации должна содержать кроме традиционных лекций по ТОЭ подготовительный материал по физике, электротехническим материалам, элементам электроэнергетических систем. Особое внимание необходимо уделить терминам и определениям: знание «языка» во многом определяет восприятие дисциплины. Буквенные обозначения используемых величин и параметров, схемные изображения элементов должны быть систематизированы в специальные таблицы, удобные для восприятия.

Необходимым для инженерного образования является проведение физического эксперимента, слушатели выполняют лабораторные работы в

физической лаборатории ТОЭ. При этом описания лабораторных работ должны быть очень подробными, с примерами теоретических и экспериментальных данных. Для контроля усвоения материала слушатели выполняют расчётные работы, ориентированные на специальные энергетические задачи (расчёт падения напряжения, потери напряжения, потери мощности, расчёт компенсирующего устройства). Каждая расчётная работа также должна сопровождаться подробными примерами, облегчающими самостоятельное выполнение этих работ слушателями. Так как обучение слушателей проводится в очень сжатые сроки, учебно-методический материал должен быть максимально ориентирован на активную самостоятельную внеаудиторную работу и содержать достаточное для понимания количество разобранных примеров, иллюстраций, таблиц и справочных материалов.

2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ СРЕДСТВ

В процессе обучения по программам повышения квалификации и профессиональной подготовки в Центре постоянно используются элементы информационно-коммуникационных технологий, что упрощает общение между преподавателями и слушателями, делая учебный процесс более эффективным и полным. Слушателям представляется полный комплект учебно-методических материалов в электронном виде, включая презентации и таблично-справочный материал. Привлечение современных мультимедийных средств, таких как Adobe Flash для создания мультимедийных презентаций с использованием мультимедийных презентаций с использованием мультимедийных презентаций облегчает восприятие слушате-

лями таких базовых понятий, как связь временных и векторных диаграмм, переходных процессов и т.д. Первый опыт использования таких мультимедийных приложений оказался очень успешным.

Представляется необходимым создание электронного словаря терминов, включающего основные понятия и термины не только дисциплины ТОЭ, но и смежных дисциплин, например электромеханики. Это было бы очень полезно для общего восприятия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные в докладе расширенный подход к преподаванию оказался весьма успешным. Большинство слушателей разного возраста и уровня подготовки справились с учебным планом и сдали экзамен на хорошо и отлично. Рассмотрение смежных вопросов облегчило усвоение сложного учебного материала не только по дисциплине ТОЭ, но и по другим смежным дисциплинам. Хочется отметить, что весь коллектив Центра подготовки и переподготовки «Экология энергетики» профессионален и ориентирован на эффективную и качественную работу со слушателями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Информатизация** образования: направления, средства, технологии / под общ. ред. С.И. Маслова. М.: Издательство МЭИ, 2004.
2. **Морозов А.В., Коченко А.А.** Актуальные проблемы профессиональной переподготовки современных специалистов // Молодой учёный. 2012. № 5. С. 471—473.
3. **Жохова М.П.** Курс лекций для слушателей ЦППЭЭ МЭИ. М.: ЦППЭЭ МЭИ, 2015.

M.P. Zhokhova

ZhokhovaMP@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

ASPECTS OF TEACHING OF THEORETICAL FOUNDATIONS OF ELECTROTECHNICS FOR PROFESSIONAL RETRAINING PROGRAMS

SUMMARY

The article treats the experience of teaching of Theoretical foundations of Electrotechnics discipline for the students of Center of education and retraining “Ecology of Power Energy”, who are learning the discipline “Electrical Energy and Electrotechnics” in terms of professional retraining programs. There are given the main aspects of combination of traditional methods of basic technical disciplines teaching and usage of modern multimedia resources.

ФОРМИРОВАНИЕ КВАЛИМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена вопросам создания квалиметрической модели дисциплины в форме балльно-рейтинговой системы оценки. В статье кратко рассмотрены рекомендации по выбору показателей квалиметрической модели. В качестве платформы предложена СДО Moodle, на примере которой показан способ формирования категорий оценки, формул расчёта значений показателей и свода их на шкале от 0 до 100 с автоматическим определением оценки по множестве «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично».

ВВЕДЕНИЕ

Стремительное изменение обстановки в окружающем нас мире подводит к мысли, что он уже не будет прежним. Преобразуется не только политическая карта, но и господствующее мировоззрение в обществе. Изменяется и роль образования в обществе. Функция сервиса некоторой полугомерческой услуги будет отходить на задний план, уступая место подходу, направленному на формирование компетенций – конкретных знаний, востребованных в нужном месте в нужное время. Уже сегодня техническое образование даёт больше возможностей для выпускника, чем гуманитарное, поскольку именно реальный сектор экономики готов принимать новых специалистов. В данной статье предложен один из способов повышения эффективности труда преподавателя за счёт использования современных технологий и методов.

1. БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА КАК КВАЛИМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Одной из особенностей меняющегося мира является его стремление к количественным оценкам. Люди больше не хотят слушать «оракулов», а предпочитают делать выводы на основе фактов, которые можно измерить и взвесить. Параметризация процессов используется для повышения их измеримости и прослеживаемости во многих отраслях [8, 11]. Естественно такая тенденция возникла и в образовании, где традиционная схема экспертной оценки знаний преподавателем не выглядит безупречной. Недостатки традиционной модели оценивания анализировали многие авторы (см. например, [6, 10]). В качестве преемника данной схемы обычно предлагается балльно-рейтинговая система, реализующая более тонкую систему оценки, позволяющую оценить все виды активности студента по изучению дисциплины.

Критики балльно-рейтинговой системы (БРС) справедливо замечают, что оценивание каждого критерия, как правило, проводится так же экспертно, как и в традиционной схеме, а значит, и вероятность влияния на финальную оценку ничуть не меньше. Более того, лишние показатели повышают трудоёмкость оценивания, уменьшая ресурсы преподавателя по подготовке к занятиям [12]. Описанные недостатки хоть и существенны, но могут быть устранены при правильном подходе к построению системы оценок.

БРС – это классическая квалиметрическая модель по показателю «уровень освоения дисциплины». Квалиметрия – научная дисциплина, ориентированная на изучении методологии и проблематики специальных подходов количественного оценивания качества объектов любой природы [3, 7].

В квалиметрии имеются инструменты для снижения как субъективности оценок, так и трудоёмкости их формирования. К числу таких инструментов относятся как принципы отбора и измерения показателей, используемых в рамках конкретной частной квалиметрии, так и специальные инструментальные средства, позволяющие автоматически оценивать достижения студента по заданным критериям. Для построения практически значимого описания БРС как квалиметрической модели следует решить два вопроса: определение механизма формирования объективных показателей, демонстрирующих формирование компетенций студента и выбор платформы, позволяющей снизить трудоёмкость оценивания студента.

2. ВЫБОР ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ БРС

Проблема выбора показателей является основной для задач квалиметрии. Вызывает доверие только достоверная и полная квалиметрия, содержащая достаточный набор показателей, формирование которых минимально зависит от субъективности преподавателя.

Для обеспечения полноты и объективности квалиметрии рассмотрим типы показателей, которые можно оценить в рамках БРС по дисциплине:

- активность студента на практиках, семинарах, лабораторных работах (мотивация и участие студента);
- выполнение тестовых заданий (уровень освоения теоретического материала);

– самостоятельные творческие задания, расчётные, курсовые работы, исследования, доклады, рефераты, статьи и т.д. (способность применять знания при выполнении конкретного дела);

– персонифицированные задания – устный экспресс-экзамен, опрос, экспресс-тест и т.д. (страховка от использования чужих достижений).

Первые три категории в совокупности могут формировать базис оценки. Тесты при всех их недостатках – инструмент достаточно объективный. Активность студента – показатель также в значительной степени очищенный от субъективности. В совокупности показатели данных типов могут формировать 80 % и более результирующей оценки. С самостоятельными работами вопрос сложнее, поскольку студенту могут помочь их делать, а преподаватель не всегда объективен при оценке письменных работ. Поэтому на данный тип показателей имеет смысл распределять не более 20 % возможных баллов. Персонифицированные задания могут использоваться при оценивании на «отлично» либо как коэффициент (например, от 0,7 до 1), который может существенно снизить сумму баллов при умножении. Результат студента формируется как сумма баллов от 0 до 100, которую можно однозначно преобразовать в оценку от 2 до 5. Требования к объёму статьи не позволяют полно раскрыть классификацию видов показателей для оценки. Более полное описание приведено в [12].

Пример шкалы БРС для дисциплины направления 09.03.03 приведён в табл. 1.

Таблица 1

Пример шкалы БРС

Диапазон, баллов	Оценка	Мера оценки
от 87 до 100	Отлично	Аттестация успешная
от 74 до 86,9	Хорошо	
от 61 до 73,9	Удовлетворительно	
менее 61	Неудовлетворительно	Аттестация не пройдена

К сожалению, невозможно предложить универсальный подход, одинаково успешный для любой дисциплины любого учебного заведения. Рассмотрим общие рекомендации, призванные снизить сложность самостоятельного выбора показателей для БРС дисциплины.

Наиболее важным представляется понимание цели формирования БРС. Если она связана со снижением трудоёмкости процесса преподавания, то наибольший упор следует сделать на тесты и оценку активности. Если же решающим является фактор качества преподавания и оценивания знаний студента, то следует увеличить долю творческих и персонифицированных заданий. Кроме того, важно учитывать специфику и важность дисциплины. Базовые дисциплины, формирующие профессиональные компетенции на ба-

зовом и продвинутом уровнях просто необходимо дополнять творческими заданиями.

На рис. 1 показана схема БРС для дисциплины.

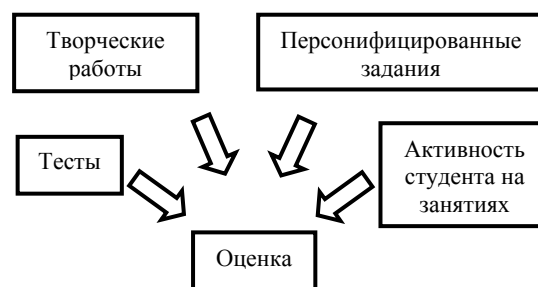


Рис. 1. Схема формирования оценки с помощью БРС

Рассмотрим подход к снижению трудоёмкости процесса формирования и использования квалиметрической модели дисциплины в виде БРС за счёт использования специализированной автоматизированной платформы.

3. ПЛАТФОРМА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ БРС

Существует множество подходов к автоматизации процесса преподавания и формирования систем дистанционного обучения (СДО) [9, 10, 12].

Дистанционное обучение (ДО) – взаимодействие учителя и учащихся между собой на расстоянии, отражающее все присущие учебному процессу компоненты (цели, содержание, методы, организационные формы, средства обучения) и реализуемое специфичными средствами Интернет-технологий или другими средствами, предусматривающими интерактивность [14]. Хорошо зарекомендовали себя такие системы дистанционного обучения как Moodle, Blackboard, SharePoint LMS [1, 2, 13].

Несмотря на имеющиеся проблемы с однозначной трактовкой терминологии, современные СДО активно внедряются в практику преподавания в российских университетах [4, 5]. Это позволяет прогнозировать, что в будущем они могут в значительной степени вытеснить традиционные способы подачи учебного материала.

В данной статье рассмотрена СДО Moodle, поскольку она является наиболее популярной на сегодняшний день платформой информатизации учебного процесса в нашей стране [4, 5, 9, 12].

Формирование БРС в СДО Moodle требует решения следующих задач:

- формирование оценок по шкале, нормированной от 0 до 100;
- определение формулы автоматизированного формирования оценки в СДО;
- внесение контента, шкал и формул расчёта оценок в СДО.

Задача определения весов каждого вида аудиторной и самостоятельной работы при изучении дисциплины решается каждым преподавателем

самостоятельно с учётом их типизации как, например, на рис. 1.

Для построения формул автоматизированного выставления оценки в СДО Moodle следует вывести формулы получения оценки по числу баллов. С этой целью можно поделить диапазон положительных оценок на три части («отлично», «хорошо» и «удовлетворительно») и сформировать начальные границы интервала для каждой оценки по правилу

$$I_i^q = K_a + i \frac{(100 - K_a)}{3}, \quad (1)$$

где K_a — число баллов, минимально необходимое для получения удовлетворительной оценки (обычно равно 61);

i — коэффициент, определяемой оценкой и вычисляемый по следующему правилу:

$$i = \begin{cases} 0, & \text{mark «3»;} \\ 1, & \text{mark «4»;} \\ 2, & \text{mark «5»} \end{cases} \quad (2)$$

Шкала для формирования оценок, сформированная при таком подходе к формулам (1) и (2), представлена в табл. 1. Попадание в один из указанных диапазонов автоматически сформирует оценку студента.

Теперь, когда шкала сформирована, рассмотрим пример создания БРС по конкретной дисциплине «Системный анализ» в СДО Moodle. Предположим, что оценка за дифференцированный зачёт определяется как сумма баллов по следующим категориям:

- промежуточные тесты на знание – 35;
- оценка за активность на лабораторной работе – 25;
- оценка за активность на практикумах и семинарах – 12;
 - расчётно-графическая работа – 10 баллов;
 - активность на лекциях пресс-конференциях и участие в дискуссиях, самостоятельные исследования на заданную тему, аналитические обзоры – 18 балла.


Сформируем категории оценки, для чего в СДО Moodle вызовем из меню «Настройки» функцию «Оценки». В ней выберем вкладку «Категории и элементы» и нажмём кнопку «Добавить категорию». В появившемся окне вносим название категорий и устанавливаем их вложенность путём указания родительских категорий. Зададим идентификаторы для каждой категории и элементов оценивания.

Построим формулы расчёта суммарных оценок по категориям. Для этого в той же вкладке «Категории и элементы» выберем нужную категорию и нажмём напротив неё на иконку «Редактировать расчёт». В открывшемся окне введём

формулу по арифметическим действиям с идентификаторами элементов оценивания, как это показано на рис. 2.

▼ Элемент оценивания

Название

Вычисление 

```
=(([pr1])+([pr2])+([pr3])+([pr4])+([pr5])+([pr6])+([pr7])+([pr8])+([pr9])+([pr10])+([pr11])+([pr12]))/2
```

Рис. 2. Пример формулы в СДО Moodle

Отметим, что если шкала оценок подразумевает наличие дробных оценок, то следует вносить поправку в формулу. Moodle считает каждый элемент шкалы за единицу и шкала {0.5, 1, 1.5, 2} для него будет выглядеть как {1, 2, 3, 4}, поэтому в формуле для обеспечения корректности нужно поделить значение в такой шкале на 2.

Для автоматического формирования оценки назначим символы как качественные обозначения для набранных баллов – оценки от «неудовлетворительно» до «отлично». Для этого в окне «Оценки» выбираем вкладку «Буквы» и с помощью кнопки «Редактировать буквенные оценки» формируем нужные ограничения на количество баллов для оценки, например, как показано на рис. 3.

Редактировать буквенные оценки		
Наибольшая оценка	Наименьшая оценка	Буква
100,00 %	91,00 %	Отл
90,99 %	74,00 %	Хор
73,99 %	61,00 %	Уд
60,99 %	1,00 %	Неуд
0,99 %	0,00 %	Нет

Рис. 3. Пример панели свойств шкалы

После создания всех элементов БРС появляется возможность автоматического оценивания достижений студента, предоставив студенту протокол личных достижений, а преподавателю – общий журнал. Такой подход позволит существенно повысить прозрачность и объективность суммарной оценки студента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, балльно-рейтинговая система как квалиметрическая модель может быть эффективным средством для формирования оценки знаний студента по конкретной дисциплине. Это возможно благодаря использованию систем дистанционного обучения. Однако не следует ожидать, что информационные технологии, такие как СДО Moodle, заметно снизят трудоёмкость данной дея-

тельности. Центр тяжести сместится с очной работы на подготовительную, что позволит сохранить эффективность обучения при увеличении числа обучаемых. Но необходимость готовить и актуализировать большой объём учебно-методических материалов, вносить данные об активности студентов, проверять письменные работы и подобные работы с преподавателя не снимутся. Тем не менее опыт показывает, что за счёт использования СДО уровень освоения учебных материалов студентами растёт, что окупает все затраты труда преподавателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **E-learning: A Global Strategic Business Report**, 2008 [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://www.strategyr.com/eLEARNING_Market_Report.asp. Дата доступа: 2 1.03.2014.
2. **Terry L. Patterson Blackboard Learn Administration**. РАСКТ. 2012. 326 с.
3. **Азгальдов Г.Г., Райхман Э.П.** О квалиметрии / под ред. А.В. Гличева. М.: Издательство стандартов, 1973. 172 с.
4. **Анисимов А.М.** Работа в системе дистанционного обучения Moodle: учебное пособие. — 2-е изд., испр. и дополн. Харьков: Изд-во ХНАГХ, 2009. 292 с.
5. **Гильмутдинов А.Х., Ибрагимов Р.А., Цивильский И.В.** Электронное образование на платформе Moodle. Казань: КГУ, 2008. 169 с.
6. **Зайченко Т.П.** Основы дистанционного обучения: теоретико-практический базис: учебное пособие. СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2004. 167 с.
7. **Конеv К.А.** Объективная и полная квалиметрия как инструмент менеджмента качества // Методы менеджмента качества. 2014. № 12. С. 32—39.
8. **Конеv К.А.** Измерение степени формализации бизнес-процессов на основе анализа их организованности // Методы менеджмента качества. 2010. № 2. С. 28—33.
9. **Конеv К.А.** Подходы к управлению качеством при создании корпоративных университетов // Методы менеджмента качества. 2013. № 11. С. 34—37.
10. **Конеv К.А.** Практика применения компетентностного подхода в электронном обучении с использованием Moodle // Качество. Инновации. Образование. 2013. № 9. С. 37—43.
11. **Конеv К.А., Погорелов Г.И., Багаева Ю.О.** Методика анализа основных показателей качества функционирования приборостроительного предприятия с использованием CALS-технологий // Стандарты и качество. 2009. № 2. С. 74.
12. **Куликов Г.Г., Конеv К.А., Шилина М.А., Попкова Е.Е.** Формирование учебно-методического контента для распределённой организации обучения студентов филиала вуза на примере профиля «Прикладная информатика в экономике» // Вестник УГАТУ, 2011. Т. 15, № 2 (42). С. 204—214.
13. **Официальная** страница системы дистанционного обучения и управления учебным процессом с открытым исходным кодом Moodle [Электронный ресурс]. URL: // <http://www.opentechnology.ru/products/moodle>.
14. **Термины** и определения дистанционного обучения [Электронный ресурс]. URL: <http://distant.ioso.ru/do/termin.htm>

K.A. Konev

sireo@rambler.ru

Ufa State Aviation Technical University, Ufa

A QUALIMETRIC MODEL OF DISCIPLINE DEVELOPMENT

SUMMARY

The article is devoted to the creation of the qualitative model of discipline in the form of score-rating evaluation system. The article discusses recommendations for choosing qualitative model indicators. LMS Moodle is proposed to demonstrate evaluation categories, the formulas for calculating the indicator values and set them on the scale from 0 to 100 with auto detection on the scale: «unsatisfactory», «satisfactory», «good», «excellent».

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРЕЗЕНТАЦИЙ ЛЕКЦИЙ НА СЕРВЕРЕ

АННОТАЦИЯ

В докладе рассматриваются вопросы разработки и эксплуатации автоматизированной системы загрузки и структурирования презентаций лекций на удалённом веб-сервере. Анализируются особенности построения системы, её состав и функциональные возможности, недостатки и достоинства, вопросы взаимодействия с мобильным приложением под управлением ОС Android. Рассматриваются перспективы развития предлагаемой системы.

ВВЕДЕНИЕ

Ранее в работах [1] и [2] авторами были рассмотрены вопросы разработки мобильного приложения, функционирующего под ОС Android и позволяющего через сетевой протокол http загружать с веб-сервера и отображать на экране мобильного устройства презентации лекций, размещённые и структурированные определённым образом на удалённом сервере. К сожалению, до настоящего момента времени размещение и структурирование презентаций лекций, представляющих собой набор графических файлов (слайдов) в формате jpeg и png было затруднено. Это связано с необходимостью создавать каталоги и подкаталоги непосредственно на сервере и загружать в них файлы слайдов презентаций лекций практически вручную либо непосредственно работая на сервере, либо осуществлять это удаленно через различные специализированные программы, например, по протоколу ftp. В результате анализа всех этих проблем, авторами было принято решение о разработке веб-приложения, максимально упрощающего для неподготовленного пользователя (преподавателя), процесс загрузки презентаций лекций на сервер и структурирования их по дисциплинам и разделам.

1. СТРУКТУРА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ

Рассматриваемая система размещения презентаций лекций на удалённом сервере представляет собой, по сути, веб-приложение, разработанное на основе технологий LAMP (Linux+Apache+MySQL+PHP).

В качестве архитектурного решения при разработке системы использовалась концепция Model-View-Controller (MVC – Модель – Представление-Контроллер). В качестве инструментария для разработки проекта авторами был использован известный фреймворк Yii, обладающий высокой производительностью, отличной поддержкой непосредственно со стороны разра-

ботчиков и имеющий ряд других технических преимуществ.

Реализованное приложение имеет достаточно простой, эргономичный и удобный интерфейс пользователя, позволяющий формировать структуру дисциплины и зачислять на сервер файлы слайдов презентаций лекций.

На рис. 1–3 представлены некоторые элементы интерфейса приложения:

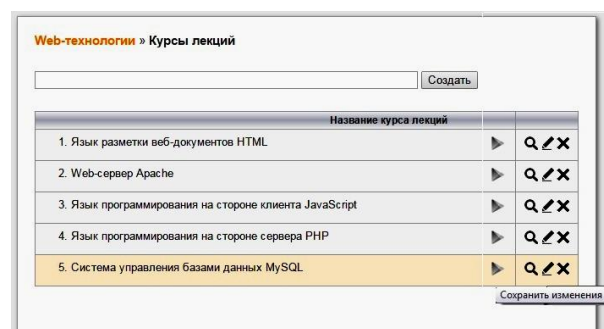


Рис. 1. Ввод названий разделов дисциплин

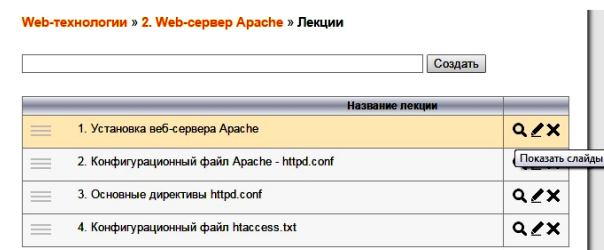


Рис. 2. Ввод названий лекций дисциплины

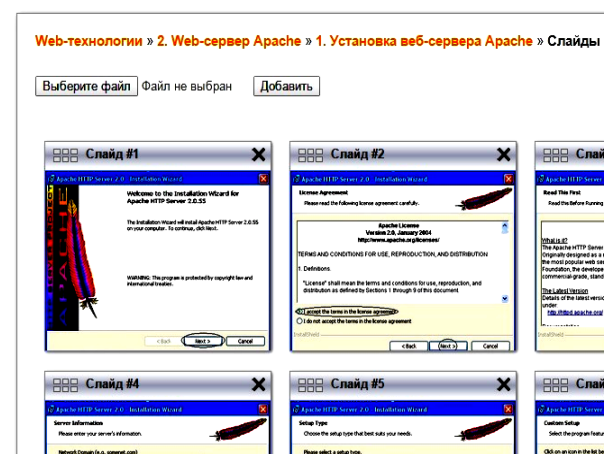


Рис. 3. Загрузка слайдов лекций на сервер

2. МОБИЛЬНЫЙ КЛИЕНТ

В докладе уже сообщалось, что основное назначение разработанного веб-приложения — это структурирование и размещение на удалённом

ном сервере презентаций лекций для последующей работы с ними клиента мобильного приложения под управлением ОС Android, описанного в [1] и [2]. На рис. 4 приведен внешний вид одного из режимов работы приложения.

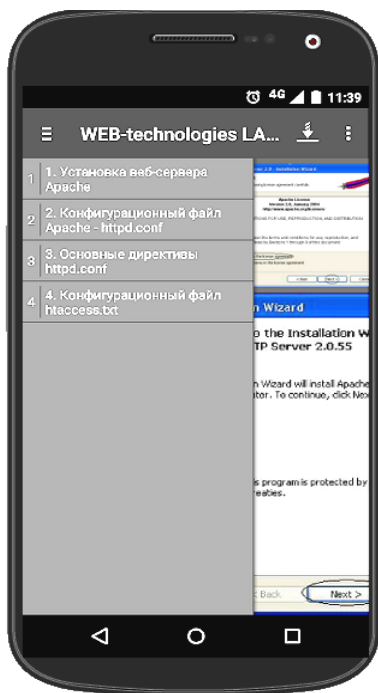


Рис. 4. Режим работы мобильного приложения

Данное приложение позволяет в сети Интернет просматривать материалы презентаций лекций (слайды), размещённые на удалённом сервере и при желании загружать в мобильное устройство отдельные слайды или презентации лекций полностью.

Отдельно хотелось бы отметить особенность вывода изображений на экран. При первой загрузке изображения сохраняются в оперативной памяти в виде массива байтов. При повторном обращении они всегда грузятся уже из кэша в оперативной памяти.

V.V. Kraushkin, K.V. Kraushkin

KrayushkinVV@mpei.ru; jangokvk@gmail.com

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

WEB APPLICATION FOR SITING LECTURES IN THE FORM PRESENTATIONS ON SERVER

SUMMARY

The paper deals with the details of development and operation of an automated lecture presentations composition system on a remote web server. The details of the system architecture, its structure and functionality, advantages and disadvantages, the issues of interaction with the mobile application for OS Android were presented, as well as the ways of further development of the system.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В качестве основных достоинств рассмотренного веб-приложения можно отметить следующее: кроссплатформенность приложения (работает практически в любой операционной среде); программная масштабируемость (дополнительные модули можно подключать в процессе функционирования приложения в качестве интерфейсной программы); при работе с приложением можно использовать любой из современных веб-браузеров; простота, эргономичность и удобный интерфейс позволяют работать с приложением даже неподготовленным пользователям.

В качестве основного недостатка описанного веб-приложения, стоит, пожалуй, отметить несколько упрощённую систему прав доступа к работе с данными. Кроме этого, если рассматривать веб-приложение для размещения презентаций лекций на удалённом сервере и приложение для мобильных устройств, рассмотренное выше, как единую систему, то в качестве недостатка стоит отметить отсутствие возможности просмотра лекционного материала на мобильных устройствах в других форматах, например, в форматах pdf и html.

Отмеченные выше недостатки рассматриваются авторами в качестве направления развития рассмотренной системы использования различных мобильных устройств в процессе обучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Краюшкин В.В., Краюшкин К.В. Мобильные устройства в учебном процессе // Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования — ИНФОРИНО—2012». М.: Издательский дом МЭИ, 2012. С. 381—382.
2. Жохова М.П., Краюшкин В.В., Краюшкин К.В. Система загрузки и отображения презентаций лекций на мобильных устройствах под управлением ОС Android // Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования — ИНФОРИНО—2014». М.: Издательский дом МЭИ, 2014. С. 421—422.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ МАГИСТЕРСКИХ ДИССЕРТАЦИЙ

АННОТАЦИЯ

Представлена методика выполнения магистерских диссертаций в области индукционного нагрева. Приводится пример магистерской диссертации по математическому моделированию индукционной тигельной печи с кусковой загрузкой.

ВВЕДЕНИЕ

Под руководством авторов на кафедре АЭТУС НИУ «МЭИ» за последние годы было защищено несколько магистерских диссертаций, посвященных разработке и исследованию систем автоматического управления установками индукционного нагрева. Авторами разработана методика преподавания, предусматривающая следующую схему выполнения работ студентами: составление обзора по теме (в основном с использованием информации из Интернет), получение математического описания конкретного технологического процесса, построение системы автоматического управления с использованием полученных зависимостей, проведение исследований разработанного регулятора [1—4]. На каждом из перечисленных этапов необходимо использование компьютерной техники: работа с электронно-библиотечными системами, электронными образовательными и другими ресурсами; использование сред программирования; пакетов компьютерных программ общего и специального назначения и др.

Рассмотрим в качестве примера структуру магистерской диссертации студентки гр. ЭЛ-03-08 Е.С. Алферовой. «Система управления индукционной тигельной печью с кусковой загрузкой», защищенной в 2014 г. [5].

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Описание кусковой загрузки в индукционной тигельной печи (ИТП) в виде совокупности металлических цилиндров использовано в некоторых работах, где введено допущение, что токи в цилиндрах не влияют друг на друга, т.е. во всех цилиндрах выделяется одинаковая мощность. В других работах расчёт электрического режима ИТП с кусковой шихтой осуществляется методом детализированных магнитных схем замещения. В соответствии с этим методом усреднённый кусок шихты представляется в виде условного объекта, обладающего изотропией свойств только в двух направлениях — нормальном (направлении, пер-

пендикулярном оси тигля) и тангенциальном (соответственно по оси тигля).

При составлении обзора литературы студентка использовала Интернет-ресурсы.

2. ПОЛУЧЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ КОНКРЕТНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

В магистерской работе было предложено проводить расчёт электромагнитной системы «индуктор — загрузка», представляющей собой совокупность цилиндров, с модернизацией метода индуктивно-связанных контуров, который обычно применяют для расчёта системы с загрузкой в виде одного цилиндра. В расчёте принимается, что загрузка представлена в виде N одинаковых и параллельно расположенных относительно друг друга цилиндров, т.е. индуктивно-связанные контуры теперь располагаются несоосно (рис. 1).

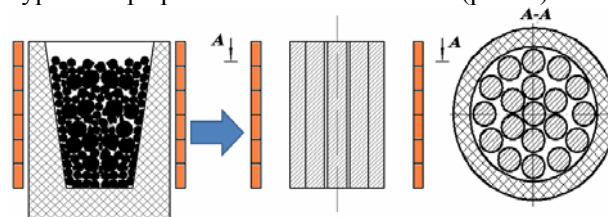


Рис. 1. Эскиз к построению математической модели

При этом несколько меняется алгоритм расчёта. Уравнения для контуров индуктора и загрузки записываются на основании второго закона Кирхгофа в комплексной форме:

$$\dot{I}_1 (R_1 + j\omega L_1) - j\omega \sum_{k, k \neq 1} M_{1k} \dot{I}_k = \dot{U}_1. \quad (1)$$

Аналогично для каждого из стержней загрузки можно записать:

$$\dot{I}_i (R_i + j\omega L_i) - j\omega \sum_{k, k \neq i} M_{ik} \dot{I}_k = 0. \quad (2)$$

В уравнении (1): \dot{I}_1 — ток индуктора; R_1 , L_1 — активное сопротивление и собственная индуктивность индуктора; ω — круговая частота тока индуктора; M_{1k} — взаимная индуктивность между индуктором и k -м стержнем загрузки ($k = 2 \div N$, т.е. исключен индуктор с номером $k = 1$); \dot{I}_k —

ток k -го стержня загрузки; \dot{U}_1 — напряжение на индукторе.

В (2): i — номер текущего стержня загрузки;

\dot{I}_i — ток в стержне; R_i, L_i — активное сопротивление и собственная индуктивность стержня; M_{ik} — взаимная индуктивность между индуктором и k -м стержнем загрузки ($k = 1 \div N$, кроме номера $k = i$).

3. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ CYLINDER_CURRENT ДЛЯ РАСЧЁТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ

Решение системы уравнений (1 – 2) позволяет найти токи в индукторе и каждом куске загрузки, которые позволяют найти активные мощности в индукторе и загрузке, а также активную, реактивную и полную мощности системы «индуктор-загрузка».

Данный алгоритм реализован в виде специализированной расчётной программы Cylinder_Current (разработана в среде Delphi 7, (автор — Алферова Е.С., кафедра АЭТУС НИУ «МЭИ»).

На рис. 2 представлены окна программы с исходными данными и с результатами электрического расчёта ИТП с кусковой загрузкой.

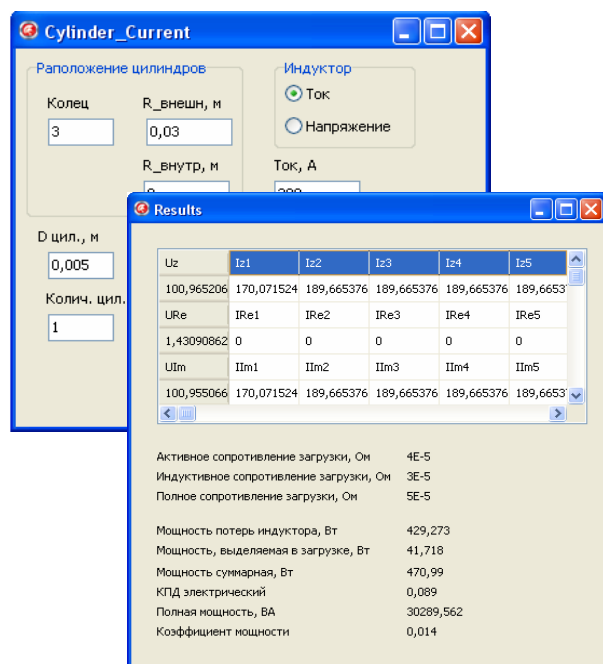


Рис. 2. Окна программы Cylinder_Current

4. ПРОВЕРКА АДЕКВАТНОСТИ РАЗРАБОТАННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Для проверки адекватности разработанной математической модели при расчёте электрических характеристик загрузки использовались парамет-

ры системы «индуктор—загрузка» реальной лабораторной установки.

Проведён расчёт для системы со следующими параметрами:

индуктор: внутренний диаметр — 100 мм, длина — 100 мм, число витков — 6, материал — медь;

цилиндры (каждый): диаметр — 5 мм, длина — 100 мм, материал — немагнитная сталь (марка 12X18H9T), общее число цилиндров — 17.

Приняты значения тока индуктора $I_1 = 300$ А и частоты $f = 22,5$ кГц. Расчёт выполнен для интервала температур 20—1400 °С.

Результаты расчёта представлены в виде зависимости суммарной мощности системы $P_{\text{згр}}$ (рис. 3).

Адекватность предложенной математической модели была проверена путём сравнения полученных результатов с данными, рассчитанными по методу Г.И. Бабата и методу конечных разностей. Отличие в результатах порядка 15%.

Проведённые экспериментальные исследования подтвердили данные, полученные расчётным путем.

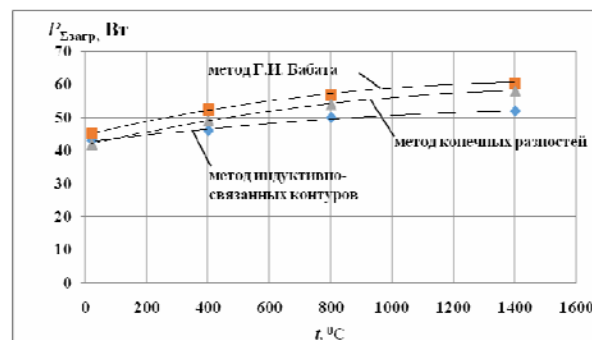


Рис. 3. Расчётные зависимости суммарной мощности загрузки

5. ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

По результатам вычислений были получены зависимости активного и полного электрических сопротивлений загрузки от температуры:

$$Z = -8 \cdot 10^{-11} \cdot t^2 + 2 \cdot 10^{-7} \cdot t + 9 \cdot 10^{-4}; \quad (3)$$

$$R = -1 \cdot 10^{-10} \cdot t^2 + 3 \cdot 10^{-7} \cdot t + 7 \cdot 10^{-4}. \quad (4)$$

На рис. 4 приведена функциональная схема системы управления ИТП с определением температуры с помощью термомпары.

Питание ИТП осуществляется от источника питания — преобразователя частоты ПЧ. Для компенсации реактивной мощности в системе используется конденсаторная батарея КБ. Системой управления предусмотрено измерение следующих параметров: активной мощности (датчик мощности — ДМ); напряжение на входе и выходе ПЧ (датчики напряжения — ДН); ток на входе

ПЧ и на индукторе (датчики тока – ДТ); температура загрузки (термопара).

Измеренная температура загрузки сравнивается с заданным $t_{зд}$ и по значению ошибки (рассогласования) системы регулятор температуры РТ вырабатывает управляющий сигнал, поступающий на вход задания напряжения.

Полученные зависимости электрических параметров загрузки от температуры используются при построении и анализе системы автоматического управления ИТП в среде *MatLab/Simulink*.

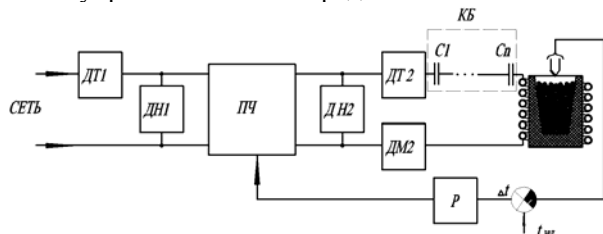


Рис. 4. Функциональная схема системы управления ИТП с определением температуры с помощью термопары

На рис. 5 представлена структурная схема регулятора тока ИТП в *Simulink*. Питание установки осуществляется от транзисторного преобразователя частоты. Преобразователь частоты представляется в модели последовательным соединением инерционного звена первого порядка с постоянной времени $T_{п} = 0,01 \div 0,05$ с, а для современных *MOSFET* и *IGBT* транзисторов $T_{п} = 0,02 \div 15$ мкс, и звена ограничения, учитывающего диапазон выходного напряжения преобразователя. Значения коэффициентов пропорционального и интегрального регуляторов устанавливались методом подбора таким образом, чтобы обеспечивался требуемый переходной процесс системе (отсутствие колебаний, минимальное перерегулирование).

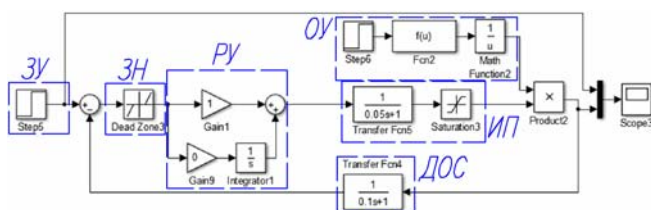


Рис. 5. Структурная схема замкнутой системы управления ИТП: ЗУ — задающее устройство; ЗН — зона нечувствительности; ПУ — регулирующее устройство; ИП — исполнительный элемент; ОУ — объект управления; ДОС — датчик обратной связи

В традиционных моделях регуляторов тока, симметрирования и $\cos \phi$ ИТП рассматривается как безынерционное звено с коэффициентом передачи $K = 1/R$, где R — активное эквивалентное электрическое сопротивление системы «индуктор — нагрузка», которое считается постоянной величиной. Но в процессе нагрева электрические свойства нагрузки изменяются, т.е. изменяются активное и реактивное сопротивления нагрузки.

При моделировании необходимо учитывать изменяющиеся свойства загрузки.

Ниже на рис. 6 в качестве примера представлен полученный в результате моделирования переходной процесс изменения мощности в нагрузке при использовании пропорционально-интегрального закона регулирования температуры (коэффициент усиления П-регулятора $k_1 = 0,001$ и И-регулятора $k_2 = 0,01$) и при отработке возмущающего воздействия.



Рис. 6. Переходные процессы изменения мощности загрузки (Вт) при наличии возмущающего воздействия на 4 с

Использование физического и математического моделирования: теории подобия и теории планирования эксперимента позволяют распространить результаты исследований, проведённых на моделях, на промышленные индукционные печи и установки.

При защите магистрант представляет работу в виде презентации (рис. 7).

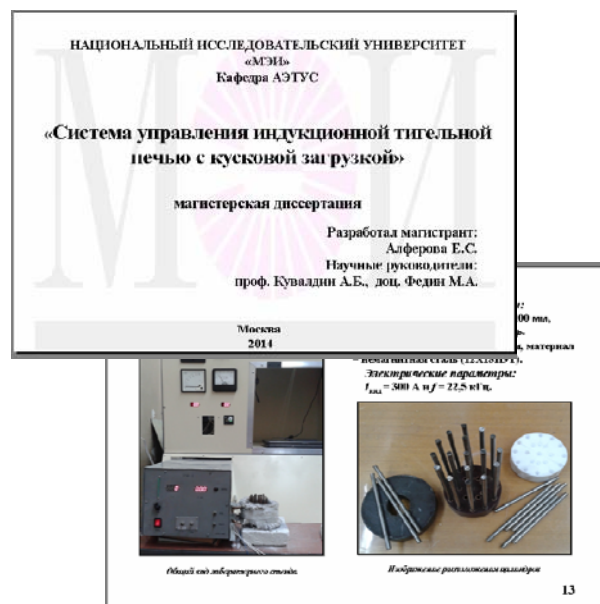


Рис. 7. Слайды презентации

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, при выполнении магистерской работы Е.Алферовой было получено математическое описание индукционной тигельной печи с кусковой загрузкой и при этом изучено и использовано следующее программное обеспечение: *MS Office*, *MathCad*, *MatLab/Simulink*, разработана программа в среде *Delphi*.

По приведённому в статье алгоритму выполнены также магистерские работы А. Кулешова «Разработка системы регулирования температуры для индукционной тигельной печи с проводящим тиглем», Б. Антонова «Исследование характеристик линейного индуктора с магнитопроводом для обогрева трубопроводов», Р. Перова «Разработка модели индукционной тигельной печи с кусковой загрузкой» и др., защищённые в 2014—2015 гг. Материалы этих работ опубликованы в виде статей и докладов на конференциях [6—9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кувалдин А.Б., Федин М.А.** Использование компьютерных программ при изучении оборудования и процессов индукционного нагрева // Труды Междунар. научно-методич. конф. «Информатизация инженерного образования — ИНФОРИНО—2014» (Москва, 15—16 апреля 2014 г.). М.: Издат. дом МЭИ, 2014. С. 521—524.
2. **Кувалдин А.Б.** Компьютерное моделирование при изучении и расчёте индукционных установок // *Электротехника*. 2011. № 1. С. 37—45.
3. **Кувалдин А. Б., Федин М.А.** Идентификация индукционных тигельных печей и миксеров как объектов управления и разработка параметрической системы регулирования температуры расплава // Использование компьютерного моделирования и численных расчётов для решения инженерных задач в различных областях проектирования и разработки на основе применения программы «ELCUT»: Сб. статей. СПб., Любович, 2015. С. 109—120.
4. **Кувалдин А. Б., Федин М.А., Генералов И.М.** Физическая модель для определения характеристик индукционной тигельной печи при нагреве ферромагнитной кусковой шихты // *Индукционный нагрев*. 2015. № 1 (28). С. 3—8.
5. **Кувалдин А.Б., Федин М.А., Алферова Е.С.** Математическое моделирование индукционной тигельной печи с кусковой загрузкой // *Энерго- и ресурсосбережение – XXI век: материалы XII междунар. научно-практич. интернет-конф.*, 15 марта – 30 июня 2014 г., г. Орёл / под ред. О.В. Пилипенко, А.Н. Качанова, Ю.С. Степанова. Орёл: Госуниверситет-УНПК, 2014. С. 58—60.
6. **Федин М.А., Кулешов А.О.** Расчёт электрических характеристик индукционных тигельных печей с проводящим тиглем // *Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник)*. 2014. № 4. С. 87—90.
7. **Федин М.А., Кувалдин А.Б., Кулешов А.О., Генералов И.М.** Разработка регулятора температуры индукционной тигельной печи с проводящим тиглем. XV Междунар. конф. «Электромеханика, электротехнологии, электротехнические материалы и компоненты»: Труды МКЭЭЭ-2014. Алушта, 2014. С. 248—249.
8. **Кувалдин А.Б., Федин М.А., Антонов Б.Б.** Исследование электрических характеристик линейного индуктора с магнитопроводом // *Энерго- и ресурсосбережение – XXI век: материалы XIII междунар. научно-практич. интернет-конф.*, 15 марта — 30 июня 2015 г., г. Орёл / под ред. О.В. Пилипенко, А.Н. Качанова, Ю.С. Степанова. Орёл: Госуниверситет-УНПК, 2015. С. 68—70.
9. **Кувалдин А.Б., Федин М.А., Перов Р.И.** Исследование электрических параметров индукционной тигельной печи в ходе плавки кусковой шихты // *Энерго- и ресурсосбережение – XXI век: материалы XIII междунар. научно-практич. интернет-конф.*, 15 марта – 30 июня 2015 г., г. Орёл / под ред. О.В. Пилипенко, А.Н. Качанова, Ю.С. Степанова. Орёл: Госуниверситет-УНПК, 2015. С. 71—73.

A.B. Kuvaldin, M.A. Fedin

KuvaldinAB@mpei.ru; FedinMA@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

COMPUTER USAGE EXPERIENCE PERFORMING A MASTER'S THESIS

SUMMARY

Structure of master's theses in the field of induction heating is provided. An example of the master's thesis on the mathematical modeling of the induction crucible furnace with lumpy charge is presented.

МАССОВЫЕ И ЧАСТНЫЕ ОНЛАЙН-КУРСЫ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён рассмотрению особенностей применения массовых и частных онлайн-курсов в инженерном образовании. Предлагается система для быстрой сборки электронных методических комплексов, позволяющая интегрировать текстовые документы, видео, виртуальные лабораторные работы и расчётные приложения.

ВВЕДЕНИЕ

Начиная с 2011 года МООС — Massive Open Online Courses (массовые открытые онлайн-курсы) привлекают внимание образовательной общественности [1]. Определение в Википедии гласит, что «МООС представляют собой обучающие курсы с массовым интерактивным участием слушателей с применением технологий электронного обучения и открытым доступом через Интернет. Наряду с традиционными учебными материалами, такими как учебные пособия, видео, МООС предполагают интенсивное взаимодействие слушателей курсов и, возможно, преподавателей через форумы, чаты, социальные сети».

Первый МООС в современном понимании появился в 2011 году [2], когда профессор С. Трун опубликовал курс, посвященный искусственному интеллекту, на который подписалось 160 тысяч слушателей. До конца дошло только 20 тысяч, а максимальную оценку получили только 364. Успех курса позволил привлечь инвестиции, в том числе от ведущих университетов США, и привёл к созданию стартапа Udacity, в настоящее время число его слушателей составляет более 2 миллионов. В том же году была основана Coursera, наиболее известная в настоящее время платформа для публикации МООС. Coursera взаимодействует с миллионами слушателей из 190 стран по всему миру и предлагает для изучения более 600 курсов.

Не менее известной платформой МООС является edX [3]. Наряду с коммерческой версией edX предоставляет свободно распространяемую программную систему, написанную на Python и Django.

Список наиболее популярных зарубежных платформ МООС представлен в [4]. В России первой платформой МООС можно считать Интуит – Национальный открытый университет, предлагающий почти 600 курсов [5]. На платформе «Лекториум» публикуются интересные и актуальные курсы видеолекций, посвящённые в ос-

новном информационным технологиям [6]. Число отечественных платформ МООС увеличивается [7]. В апреле 2015 г. открыта Национальная платформа открытого образования — совместный проект МГУ, СПбПУ, СПбГУ, НИТУ «МИСиС», НИУ «ВШЭ», МФТИ, УрФУ и ИТМО [8].

1. ХАРАКТЕРИСТИКИ МООС

Пожалуй, основной характеристикой МООС является их массовость. Десятки, а в ряде случаев и сотни тысяч, слушателей в начале проведения курса не являются редкостью. Все это накладывает отпечаток на техническую реализацию МООС, существенно отличающую их от традиционных систем, применяемых в дистанционном обучении.

Во-первых, МООС — массовые курсы, с которыми одновременно работает очень большое число слушателей по всему миру. Это требует для размещения образовательного контента мощной и надёжной серверной и сетевой инфраструктуры, обеспечивающей высокую пропускную способность и доступность, использования сетей доставки контента (CDN) для обеспечения комфортной работы слушателей по всему миру. Поддержка такой инфраструктуры вряд ли под силу отдельному университету. Именно поэтому наиболее известные платформы МООС представляют собой отдельные организации, взаимодействующие с университетами.

Во-вторых, создание МООС требует высоких затрат. Дело даже не в том, что отдельный курс требует подготовки качественных учебных пособий, десятков часов профессионального видеоконтента, команд высокооплачиваемых специалистов, отсутствующих в технических вузах, а в том, что необходимость обслуживания больших континентов слушателей приводит к необходимости внедрения подходов, практически исключая преподавателя из процесса проведения учебных занятий. Делается это за счёт автоматизации, включающей в себя отслеживание всех действий слушателей и персонала, что, в свою очередь, позволяет быстро набирать статистику и использовать её для оценки качества учебного материала. Например, если 70 % слушателей из 10 тысяч не смогли выполнить задание, то это проблема не слушателей, а разработчиков курса. Поддержка отслеживания действий пользователя, обработка и представление данных о работе пользователей в основном решается на

уровне платформы MOOC [3], а средства проверки заданий, выполняемых слушателями, придется разрабатывать для каждого отдельного курса, что требует написания большого объёма программного кода. Немаловажным также является необходимость обеспечения оперативного взаимодействия со слушателями, хотя эта функция в значительной степени перекладывается на самих слушателей, консультирующих друг друга.

Основные затраты на поддержку MOOC связаны с разработкой и публикацией курсов, затраты на проведение обучения в расчёте на одного слушателя сравнительно невелики. Большинство платформ MOOC обеспечивают бесплатный доступ к своим курсам, сравнительно небольшая плата берётся только за выдачу сертификатов, удостоверяющих прохождение курса, хотя некоторые платформы предлагают только платный доступ.

В-третьих, MOOC в существующей форме ориентированы в основном на высокомотивированную аудиторию, которая хочет и может самостоятельно учиться.

2. MOOC И УНИВЕРСИТЕТЫ

Большинство MOOC разработаны и поддерживаются сотрудниками университетов и представляют собой отдельные курсы. Полностью реализованные образовательные программы представляют собой в настоящее время скорее исключение. Здесь же следует отметить, что существующие MOOC в основном нацелены на дополнительное обучение, ориентированы на мотивированную и квалифицированную аудиторию. В качестве примера можно привести интересные и хорошо проработанные серии курсов по Big Data и машинному обучению на Coursera, подготовленные ведущими специалистами в предметной области, материалы курсов можно найти в настоящее время только в научных статьях. В то же время такие курсы можно порекомендовать только специалистам, имеющим практический опыт работы, а не студентам.

MOOC прекрасно приспособлены для организации разделения труда, когда разработанные одним вузом курсы могут быть использованы другими вузами, но для этого необходимо реализовать процедуры зачёта курсов, пройденных в других вузах, и взаиморасчётов между вузами за использование курсов при реализации образовательных программ.

Для реализации образовательных программ необходимо создание электронного контента для сотен дисциплин. Так, в рамках программы развития НИУ «МЭИ» в 2010—2014 г. было разработано более 800 электронных учебно-методических комплексов (ЭУМК) по дисциплинам, читаемым в университете [9]. Создание полноценных MOOC по всем или даже большинству

курсов вряд ли возможно. С такими же проблемами сталкиваются и другие технические вузы. Кроме того, для инженерного образования требуется организация доступа к реальному и виртуальному оборудованию, а также к расчётным приложениям через Интернет для проведения лабораторных практикумов, выполнения расчётных заданий и курсовых проектов [10].

Рядом экспертов [1] высказывались соображения, что платформы MOOC приведут к революционным изменениям на рынке высшего образования, фактически монополизировав его в ограниченном числе университетов, разрабатывающих MOOC, не оставив места для небольших вузов, проводящих учебный процесс на языках, отличных от английского. По мнению авторов, это не совсем верно, так как MOOC представляют собой прекрасный инструмент по отдельным курсам и в основном в рамках дополнительного образования.

3. SOOC И SPOC

Платформы MOOC являются весьма привлекательным инструментом, но реализация программ высшего инженерного образования целиком с помощью MOOC в ближайшие годы вряд ли возможна. В работе [11] введены термины SPOC — небольшие частные онлайн-курсы (Small Private Online Courses) и SOOC — небольшие открытые онлайн-курсы (Small Open Online Courses), отражающие потребности вузов в создании электронных курсов.

Основным требованием является невысокая трудоёмкость разработки, внесения изменений и применения ЭУМК в локальной среде, в корпоративной сети вуза и в Интернет. Не секрет, что разработчики ЭУМК по-разному относятся к открытой публикации своих произведений. Связано это в основном с боязнью неправомерного использования интеллектуальной собственности.

По сравнению с MOOC SOOC и SPOC могут обеспечивать меньшую степень автоматизации из-за вовлечённости в учебный процесс преподавателей, они должны обеспечивать единство оформления для вуза, возможность интегрировать образовательный контент в различных форматах, лёгкую настройку курсов на конкретную аудиторию, доработку курсов при изменении программ и требований к ним. Заметим, что перечисленным требованиям удовлетворяют широко используемые системы дистанционного обучения, например, Moodle и «Прометей», однако все дополнения и изменения в курсы приходится вносить вручную через пользовательский интерфейс.

Представляется, что основной задачей SPOC является оперативная сборка ЭУМК из разнородных фрагментов, включая форматированные тексты, изображения, видео, расчётные приложения, виртуальные лабораторные работы и т.д., а также

обеспечение наглядной навигации пользователей по ЭУМК.

Действительно, ЭУМК собирается из большого числа фрагментов. Так, число файлов, входящих в ЭУМК одного из авторов доклада (более 30 ч видеосюжетов, примеры исходного кода программ), превышает 150. Дело в том, что длительность видеосюжетов не должна превышать 10 мин. Считается, что каждая лишняя минута сюжета уменьшает число просмотревших его на 10 %. В ЭУМК входит также более сотни примеров программного кода.

4. СИСТЕМА ДЛЯ СБОРКИ SOOC и SPOC

Перечисленные требования реализованы в программной системе, представляющей собой веб-приложение на языке программирования Python с использованием веб-каркасов Django и Bootstrap.

Основным назначением системы является быстрая сборка SOOC и SPOC из разнородного контента. Допускается использование видео, html- и pdf- файлов для исходных текстов на распространённых языках программирования и разметки, включая C, Python, Java, JavaScript, html, предусмотрена автоматизированная нумерация строк, цветовая подсветка синтаксических конструкций.

Образовательный контент может не только вставляться непосредственно на страницу на стороне сервера, но и отображаться в плавающем фрейме, размер которого подстраивается под ширину и высоту окна браузера. Это позволяет легко встраивать в ЭУМК видеосюжеты YouTube и Vimeo, файлы pdf, виртуальные лабораторные работы, расчётные веб-приложений — апплеты [12]. Интересным приложением системы является возможность интеграции с разработанным в МЭИ автоматизированным лабораторным практикумом удалённого доступа, в котором лабораторные работы выполняются многими студентами практически одновременно с применением одного экземпляра оборудования [13]. Наряду с экспериментами с реальным удалённым оборудованием автоматизированный лабораторный практикум позволяет осуществлять имитационное моделирование изучаемых систем.

Система функционирует в трёх конфигурациях: две из них являются производственными, а третья — локальной. Основная производственная конфигурация предусматривает установку системы на физическую или виртуальную машину под управлением операционной системы Linux. В качестве сервера приложений используется unicorn, веб-сервер Nginx, обслуживает статический контент и функционирует в качестве обратного прокси-сервера.

Данная конфигурация позволяет легко осуществлять масштабирование системы, добавляя при увеличении нагрузки дополнительные серверы

приложений, которые можно устанавливать как на том же, так и на других компьютерах или виртуальных машинах. Кроме того, Nginx позволяет сравнительно легко обеспечить стриминг видео.

Производственная конфигурация под Windows функционирует под управлением веб-сервера IIS, на котором необходимо обеспечить функционирование FastCGI. Следует отметить, что система под Windows при прочих равных условиях работает существенно медленнее, чем под Linux.

Наконец, локальная конфигурация функционирует под Windows и позволяет работать с системой, установленной на переносном жёстком диске или даже флеш-накопителе. В этом случае используется переносимый дистрибутив WinPython с предварительно установленными пакетами Django. Для запуска системы достаточно подключить к USB-порту переносной диск и запустить командный файл.

Пользователь взаимодействует с системой с помощью любого современного веб-браузера. Использование веб-каркаса Bootstrap обеспечивает переформатирование образовательного контента «на лету», так что пользователь может работать с контентом как на персональном компьютере, так и на планшете или смартфоне.

Использование Bootstrap позволило достаточно просто решить вопрос с оформлением ЭУМК: название организации и курса задаются в файле настроек, в системе имеется шесть цветовых схем оформления страниц, которые можно изменить, в том числе и «на лету».

5. СИСТЕМА НАВИГАЦИИ

Образовательный контент в системе организуется в виде иерархически-линейной структуры, что позволяет пользователю осуществлять листание страниц содержимого, а также в любой момент иметь перед глазами многоуровневое оглавление. В любой момент времени пользователю отображаются оглавление системы с указанием текущего его положения, а также кнопки для листания страниц. Размещение панели оглавления может быть настроено, кроме того, оно изменяется при изменении размеров окна браузера.

Разработчик курса создаёт линейно-иерархическую структуру в электронной таблице Excel с несколькими вкладками. Это позволяет формировать оглавление электронного курса постепенно в процессе его разработки. Строка электронной таблицы представляет собой описание фрагмента курса. В описание входят следующие поля: тип содержимого, уровень в иерархии, краткое и полное наименование фрагмента, относительный адрес для локальных ресурсов и абсолютный адрес для ресурсов, размещённых в Интернет, ключевые слова и теги, используемые при

организации информации и её поиске. В системе реализована система разграничения доступа к фрагментам как на уровне отдельных пользователей, так и категорий и групп пользователей. В таблице предусмотрено поле подсказок, где хранится дополнительная информация для отображения специфического содержимого, например ссылки на заставки видеосюжетов для отображения их в плейлистах.

Допускаются ссылки на другие листы электронной таблицы, где описываются разделы курса или даже другие курсы. Для этого достаточно указать имя листа.

Рассмотренный подход позволяет легко вносить изменения в ЭУМК, а также создавать версии, ориентированные на конкретную аудиторию, для чего достаточно внести изменения в электронную таблицу.

Электронная таблица загружается системой через веб-интерфейс, на её основе в автоматическом режиме формируются иерархические оглавления и плейлисты, а также элементы пользовательского интерфейса, необходимые для навигации и поиска информации. Образовательный контент копируется в файловую систему компьютера, на котором установлена система, либо выгружается по протоколу ftp.

Применение системы в учебном процессе показало, что она существенно снижает трудоёмкость на заключительной стадии создания ЭУМК, унифицирует их оформление, облегчает создание вариантов электронных курсов, нацеленных на конкретную аудиторию слушателей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

МООС обеспечивают широкое и доступное обучение большого числа слушателей по отдельным дисциплинам. Однако для реализации образовательных программ для всех форм обучения необходимо использование SPOC и SOOC –небольших и частных онлайн-курсов, а также платформ для их разработки, позволяющих с умеренной трудоёмкостью и затратами создавать ЭУМК для реализации образовательных программ.

S.I. Maslov, A.I. Tikhonov

MaslovSI@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

MASSIVE AND PRIVATE ONLINE COURSES IN ENGINEERING EDUCATION

SUMMARY

The report is devoted to the peculiarities of MOOC, SOOC and SPOC in the engineering education. Proposed system for the rapid assembly of electronic educational content allows to integrate text documents, videos, virtual labs and web applets.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Pomerol J.-C., Epelboin Y., Thoury C.** MOOCs. Design, Use and Business Model. ISTE Ltd., JohnWiley & Sons. London, 2015, 130 p.
2. **Cormier D., Siemens.G.** Through the open door: open courses as research, learning and engagement // EDUCAUSE Review. 2010. V. 54. No 4. P. 30—39.
3. **Gilbert M.A.** edX E-Learning Course Development. PACT Publishing. Birmingham, UK, 2015. P. 425.
4. **Список** наиболее популярных зарубежных платформ MOOK. [Электронный ресурс]. URL: <http://4brain.ru/blog/список-популярных-МООК-платформ/>
5. **Национальный** открытый университет. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.intuit.ru/>
6. **Лекториум** — платформа для размещения обучающего видео в виде курсов лекций или отдельных занятий. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.lektorium.tv/>
7. **Универсарium** — открытая система электронного образования. [Электронный ресурс]. URL: <http://universarium.org/>
8. **Национальная** платформа открытого образования. [Электронный ресурс]. URL: <https://openedu.ru/>
9. **Каталог** электронных образовательных ресурсов НИУ «МЭИ». Статистика по электронным учебно-методическим комплексам, разработанным в рамках программы развития университета. [Электронный ресурс]. URL: <http://ctl.mpei.ru/eerstat.aspx>
10. **Маслов С.И., Тихонов А.И.** Смешанное и дистанционное обучение в МЭИ // Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования — ИНФОРИНО—2014» (Москва, 15—16 апреля 2014 г.). М.: Издательский дом МЭИ, 2014. С. 435—438
11. **Fox F.** From MOOCs to SPOCs // Communications of ACM. 2013. Vol. 56. No 12. P. 38—40.
12. **Сутченков А.А., Тихонов А.И.** Апплеты – платформа оперативной разработки и публикации расчётных приложений и электронных образовательных ресурсов // Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования — ИНФОРИНО—2014» (Москва, 15—16 апреля 2014 г.). М.: Издательский дом МЭИ. 2014. С. 473—476.
13. **Информатизация** инженерного образования: электронные образовательные ресурсы. Выпуск 5 / сост.: Т.И. Болдырева, А.И. Евсеев, Б.Р. Липай и др.; под общ. ред. С.И. Маслова. М.: Издательский дом МЭИ, 2011.

О ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ МЕТОДАМ ОПТИМИЗАЦИИ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён изучению особенностей дистанционного обучения методам оптимизации. Раскрываются цели и задачи преподавания дисциплины и их реализация при подготовке материалов для дистанционного обучения.

ВВЕДЕНИЕ

Эффективность дистанционного образования обусловлена снижением стоимости образовательных услуг; независимостью их предоставления от времени и места; возможностью управления темпом обучения; возможностью быстрой актуализации учебных материалов; прозрачностью процесса обучения; возможностью многократного виртуального посещения занятий; оперативностью контроля успеваемости. В работе описывается организация дистанционного обучения дисциплине «Методы оптимизации» студентов 3-го курса специальности «Программное обеспечение информационных технологий».

1. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

В БГУИР внедрена система дистанционного обучения (СДО) SharePointLMS, позволяющая преподавателю предоставлять студенту материалы курса, отслеживать статистику посещаемости всего курса и отдельных его разделов, отправлять студенту извещения о сроках предоставления контрольных, согласовывать время консультаций и др. Преимуществами СДО являются возможность использования опций Microsoft Office SharePoint Server, полная интеграция со всеми продуктами Microsoft, что позволяет избежать конфликтов с дополнительным программным обеспечением, наличие встроенного модуля для проведения online конференций, наличие всех необходимых инструментов для создания и редактирования контента. Специфика применения этой системы в образовательном процессе состоит ещё и в том, что если при очном обучении основная нагрузка преподавателя — «аудиторная», то при дистанционном обучении максимальная нагрузка приходится на подготовительную стадию, требуется подготовить курс лекций, указания для выполнения лабораторных работ, материалы для промежуточного и итогового тестирования, перевести их электронную форму, адаптировав для СДО.

2. СТРУКТУРА ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ»

Электронный учебно-методический комплекс по дисциплине «Методы оптимизации» (ЭУМКД)

включает учебные и методические материалы по дисциплине, методику ее изучения средствами информационно-коммуникационных технологий и обеспечивает условия для осуществления учебной деятельности. Основными элементами ЭУМКД являются: титульный экран, рабочая учебная программа дисциплины, теоретический раздел, практический раздел, блок контроля знаний. Материалы для наполнения ЭУМКД прошли предварительную апробацию с участием обучаемых как очно, так и дистанционно, что позволило дифференцировать сложность материала. Курс разбит на ряд законченных модулей по глубине и полноте изложения материала. На начальном этапе можно (при желании студента) изучать только теоретический и практический минимум, позволяющий осваивать другие разделы курса, а также другие дисциплины, использующие наработанный аппарат. Материал, расширяющий и углубляющий знания по рассматриваемым понятиям и темам, можно скрыть и развернуть в дальнейшем при углублённом изучении материала. Студентам также предоставлена возможность возвращаться по ссылкам к разбиравшимся ранее понятиям и методам, используемым в изучаемом разделе. Теоретический раздел содержит электронный конспект лекций, иллюстрирован статическими (схемы, рисунки, графики) и динамическими (интерактивные таблицы) вставками, наглядно представляющими и объясняющими излагаемый материал. Практический раздел содержит примеры практического решения задач, предназначенные для овладения умениями и навыками, повторения и закрепления пройденного материала. Подраздел «Лабораторный практикум» включает методические материалы к лабораторным работам: методические указания по выполнению, иллюстрированные мультимедийной информацией и объясняющие основные этапы подготовки к выполнению, непосредственного практического выполнения и анализа полученных результатов. Как и обычное аудиторное занятие, лабораторное занятие, содержащееся в ЭУМКД, начинается с контрольных вопросов. Если обучаемый испытывает затруднения в ответе на них, он возвращается к теоретической части курса. Кроме того, в практической части ЭУМКД содержатся индивидуальные практические задания по всем основным разделам изучаемого курса. Подраздел «Контрольные работы» включает перечни индивидуальных заданий для контрольной работы по дисциплине и методические рекомендации по их выполнению. Блок контроля знаний ЭУМКД содержит комплекс тестирующих и контролирующих программных средств. Тестовые вопросы наряду с

текстом содержат изображения (область допустимых планов, градиент, линии уровня, фрагменты вычислительных таблиц). Ведётся учёт выполнения каждым студентом контрольных работ (и соблюдения сроков их предоставления), а также времени, затраченного студентом на изучение различных разделов ЭУМКД. Для итогового контроля по дисциплине студенты лично приезжают в вуз, где проводится окончательный контроль усвоения материала курса.

3. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПРЕПОДАВАНИЯ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ

Современная техника, наука, экономика, финансы в значительной мере используют экстремальные свойства процессов и систем, большое внимание уделяется созданию автоматизированных систем планирования, проектирования и управления в различных областях народного хозяйства. На первый план выдвигаются вопросы качества принимаемых решений; в этой связи возрастает роль методов и алгоритмов решения оптимизационных задач. Целью преподавания дисциплины является изучение математического аппарата и методов решения экстремальных задач, возникающих в практической деятельности; подготовка специалистов, владеющих систематизированными знаниями, имеющих определенный уровень математической подготовки и обладающих необходимыми навыками по методам оптимизации. Задачами изучения методов оптимизации являются: выработка навыков по применению методов оптимизации и алгоритмов решения прикладных задач на профессиональном уровне; подготовка студентов к их внедрению. В результате изучения дисциплины студент должен научиться моделировать оптимизационные задачи; проводить анализ результатов; корректировать результат при изменении исходных данных; овладеть навыками выбора подходящих методов оптимизации и применения оптимизационных методов.

4. СОДЕРЖАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ»

Предлагаемый студентам для дистанционного обучения материал призван помочь им в изучении основных методов решения оптимизационных задач, а также при выполнении индивидуальных занятий по курсу «Методы оптимизации».

Сначала приводятся классические методы решения оптимизационных задач, основанные на использовании дифференциального исчисления для нахождения точек экстремумов функций. Далее рассматриваются линейное программирование и его применение в теории игр, в сетевом планировании и управлении. Следующие разделы посвящены методам одномерной минимизации, широко применяемым на практике в качестве составной части методов поиска экстремумов функций многих переменных. Отдельно рассматриваются численные методы безусловной оптимизации и численные методы условной оптимизации. Также разбирается многомерная локальная безусловная оптимизация. Выделены детерминированные прямые методы, детерминированные методы первого и второго порядков и методы случайного поиска. Изучаются многомерная локальная и глобальная условная оптимизация, также рассматриваются задачи многокритериальной оптимизации и методы их решения. Отдельная глава посвящена задачам оптимального управления и методам их решения. В каждом разделе приведена краткая характеристика рассматриваемых методов, приведены основные рабочие формулы и алгоритмы решения оптимизационных задач, применение алгоритмов иллюстрируется примерами. Текущий контроль осуществляется в форме контрольных работ, представляемых студентом и принимаемых преподавателем дистанционно. По результатам опросов студентов преимуществами дистанционного обучения являются: возможность получения консультации дистанционно, возможность дистанционного предоставления контрольных работ, отсутствие привязки к расписанию занятий. Всем студентам теперь предоставлена возможность выбирать предмет для изучения дистанционно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опыт использования дистанционной формы обучения выявил возможности повышения эффективности образовательного процесса: использование ЭУМКД; получение учебных материалов в электронном виде, проведение дистанционных консультаций, представление студентами результатов обучения по электронной почте. Использование системы дистанционного обучения и поддержание ее учебно-методического обеспечения на современном уровне интенсифицирует образовательный процесс, позволяет улучшить качество и повысить эффективность обучения, оптимизировать организацию учебного процесса.

N.P. Mozhey

mozheynatalya@mail.ru

EE «Belarussian state university of informatics and radioelectronics», Minsk

ABOUT DISTANCE LEARNING OPTIMIZATION METHODS

SUMMARY

The report focuses on the study of the characteristics of distance learning optimization methods. Reveals the objectives and tasks of teaching of discipline and preparation of materials for distance learning.

ШКОЛЬНЫЕ И ВУЗОВСКИЕ ЗАНЯТИЯ ПО ИНФОРМАТИКЕ И ФОРУМ PTC COMMUNITY/MATHCAD

АННОТАЦИЯ

В работе рассмотрены вопросы поддержки учебного процесса в средней школе и в инженерном вузе с использованием профессиональных социальных сетей, в частности, форума пользователей пакета MathCAD PTC Community. Рассмотрено решение и анимированные задачи о движении двери автобуса и «чистого» складывания самоката.

ВВЕДЕНИЕ

Организация учебного процесса в школах и вузах в настоящее время, как правило, поддерживается сайтами Интернета с оперативной информацией: это списки учащихся и студентов, планы занятий, контрольные вопросы, домашние задания, электронные учебники и задачки, а также другие дополнительные полезные материалы.

Но кроме того в последнее время на школьных и вузовских занятиях по информатике, математике, физике стали интенсивно использовать математические программы, в частности пакет MathCAD. Так, в списке литературных источников приведены данные о статьях в журналах издательства «Образование и информатика» [1, 2, 5, 8–11], где в названии присутствует слово MathCAD. Самых же статей, где речь идет об использовании этого пакета в учебном процессе, но где нет слова MathCAD в названии, можно насчитать десятки.

1. ПОЧЕМУ MATHCAD?

Пакет MathCAD привлекателен тем, что порог вхождения в него очень низок: школьник или студент после двух-трех занятий начинает самостоятельно строить графики, решать численно и/или аналитически (символьно) уравнения и системы уравнений, создавать анимации и т. д. Кроме того, для школ и вузов (бюджетных организаций) немаловажен тот факт, что есть бесплатная версия MathCAD — MathCAD Express. Она функционально укорочена по сравнению с полной версией пакета, но тем не менее позволяет решать многие школьные и вузовские задачи по информатике, физике, химии, математике и по специальным учебным дисциплинам. Этот пакет на компьютер установить несложно. Достаточно зайти на сайт производителя пакета: <http://www.ptc.com>, пройти по ссылкам Products/MathCAD и установить на своем компьютере полную версию MathCAD, которая после месяца пробной работы превращается в вышеупомянутую укороченную. Но многие школы и вузы

ищут возможность покупки пакета (например, через фирму Softline: <http://www.softline.ru>) и устанавливают на компьютерах полную версию MathCAD, используя скидки, которые предусмотрены для учебных заведений.

2. ХАРАКТЕРИСТИКА ФОРУМ PTC COMMUNITY/MATHCAD

Фирма PTC предоставляет всем желающим еще одну бесплатную и полезную ИТ-услугу — возможность создания сайтов на форуме PTC Community. Стартовая страница этого форума, вернее, подфорума, касающегося MathCAD, показана на рис. 1. На него несложно выйти с сайта PTC: <https://www.ptcusercommunity.com/community/mathcad>.

Если посетитель сайта регистрируется, то он получит возможность выполнять определенные действия, выбрав соответствующий раздел своих MathCAD-интересов (рис. 1). Обычно на этот форум заходят люди, решающие свои задачи в среде MathCAD и нуждающиеся в совете или подсказке от опытных участников этой профессиональной социальной сети. Самые активные «советчики» и «подсказчики» этого форума отмечены на сайте.

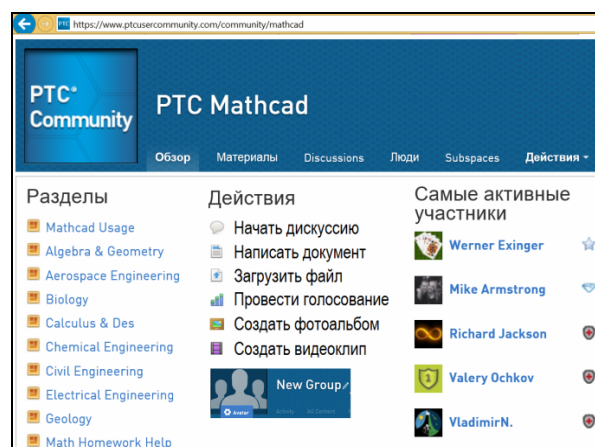


Рис. 1. Стартовая страница форума PTC Community/MathCAD

Много подобных сайтов-подсказчиков есть и в России. Например, сайт <http://www.exponenta.ru> вышеупомянутой фирмы Softline, инициатором создания которого является преподаватель МЭИ Н.А. Сливина [12], поддерживает пользователей «великолепной четв`рки» систем компьютерной математики — Maple, Mathematica, MatLab и, конечно, MathCAD. Сайт: <http://www.smath.info> поддерживает русский аналог пакета MathCAD

— пакет Smath Studio, который широко используется в нашей средней и высшей школе, а также для проведения инженерных расчётов.

Сайт PTC Community имеет на порядок больше возможностей, чем другие подобные сайты. Во-первых, он автоматически меняет язык общения в зависимости от того, из какой страны к нему обратились. Во-вторых (и это главное), этот сайт позволяет создавать так называемые группы (см. центр рис. 1), в которых их участники могут обсуждать свои специфические проблемы. При этом группы могут быть открытыми для всех посетителей сайта PTC Community — зарегистрированных и незарегистрированных (незарегистрированные посетители сайта могут читать сообщения, но не могут участвовать в дискуссии). Группы могут быть полуоткрытыми, когда все видят, что происходит в группе, но менять содержимое группы могут только её участники, которых особо пригласил модератор группы. Группы также могут быть полностью закрытыми от посторонних взглядов, и в них могут работать только приглашенные. Закрытые группы обычно создают временные или постоянные творческие коллективы для решения своих текущих научных или инженерных задач.

3. ПРИМЕР ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ФОРУМА PTC COMMUNITY/MATHCAD

Одна из задач НИУ МЭИ как инженерного вуза — вести профориентационную подготовку в средней школе, увлекать школьников интересной, престижной профессией энергетика. Один из авторов этого доклада, когда ему предложили вести занятия со школьниками в лицее № 1502 при НИУ «МЭИ», начал факультатив по применению математических пакетов, в частности MathCAD, при решении школьных задач по математике и физике с создания соответствующей группы на форуме PTC Community (рис. 2).

Название	Автор	Просмотров	Последняя активность
Занятие 1- Максимальный объем коробок	ValeryOchkov	83	19 Сентябрь 2015 г.
Занятие 2. Анимация двери автобуса	ValeryOchkov	145	26 Сентябрь 2015 г.
Занятие 3. Решатели Mathcad	ValeryOchkov	122	26 Октябрь 2015 г.
Занятие 4. Простейшее дифференциальное уравнение (оптика)	ValeryOchkov	63	10 Октябрь 2015 г.
Занятие 5. Примеры решения уравнений, обычных и дифференциальных	ValeryOchkov	41	12 Октябрь 2015 г.
Занятие 6 [24 октября 2015]. Реактивное движение	ValeryOchkov	60	24 Октябрь 2015 г.
Занятие 7: учет силы трения при старте ракеты	ValeryOchkov	16	26 Октябрь 2015 г.

Рис. 2. Сайт факультативных занятий в лицее при НИУ МЭИ

Два первых занятия факультатива (рис. 2) касались вопросов создания анимации в среде MathCAD: первое — косвенно (создавалась анимация складывания коробки из квадратной заготовки, поясняющая суть одной задачи оптимиза-

ции), а второе — непосредственно: создавалась анимация движения автобусной двери при её открытии и закрытии. Коробки мы складываем нечасто, а вот в общественном транспорте ездим почти каждый день и видим, как поворачивающийся стержень разворачивает рычаг, который открывает или закрывает дверь автобуса (трамвая, троллейбуса). При этом один край двери скользит в прямоугольном пазе. В старых автобусах две половинки двери состояли в свою очередь из двух половинок, которые складывались гармошкой и открывали дверь. Конструкция была ненадёжной и часто ломалась. В современных же автобусах все сделано иначе.

В [14] изложена подробная методика создания анимации двери. Вот ее основные моменты.

Начинают создание подобных анимаций с эскиза: рисования рычага, стержня, верхнего края двери (вид сверху) и ввода обозначений.

Вид сверху на автобусную дверь сначала рисовался от руки на бумаге (вернее, на экране планшета), но, когда анимация была готова, один её кадр был доработан, дополнен линиями с обозначениями и вставлен в расчёт. Математика задачи сводится к решению системы четырёх алгебраических уравнений, основанных на простой геометрии задачи: треугольник, образуемый частью двери автобуса, открывающим рычагом и пазом для двери, разбивается на два прямоугольных треугольника, к которым применяют теорему Пифагора и положение, что синус угла — это отношение длины противолежащего катета к гипотенузе.

Система уравнений решалась аналитически. Пакет MathCAD ответ не выдал по причине его очень большого размера. Но мы смогли-таки найти решение системы, выдав на печать отдельные элементы матрицы-решения системы. Эти выражения-ответы через копирование и вставку были использованы при формировании функций пользователя. Аргументом у этих функций была независимая переменная — угол поворота рычага автобусной двери. До формирования этих функций в расчёт вводятся исходные данные — размеры двери и рычага, её поворачивающего.

Описанные расчёты помещены в области, которые можно свернуть при отладке документа и создании анимации. Важно сделать правильные установки X-Y-графика, по которому строится анимация открывающейся двери автобуса при изменении значений системной переменной FRAME от 0 до 300 и которые меняют значения угла поворота двери с 0° до минус 90° с шагом -1° , которые в свою очередь меняют значения координат узловых точек двери автобуса и вид самой двери сверху [3].

Можно также не копировать и вставлять выражения для функций пользователя, а решить систему четырех уравнений не аналитически, а

численно, задав разумное первое приближение искомым переменным, но тогда бы не было функций, и мы бы не смогли построить траекторию движения свободного края двери.

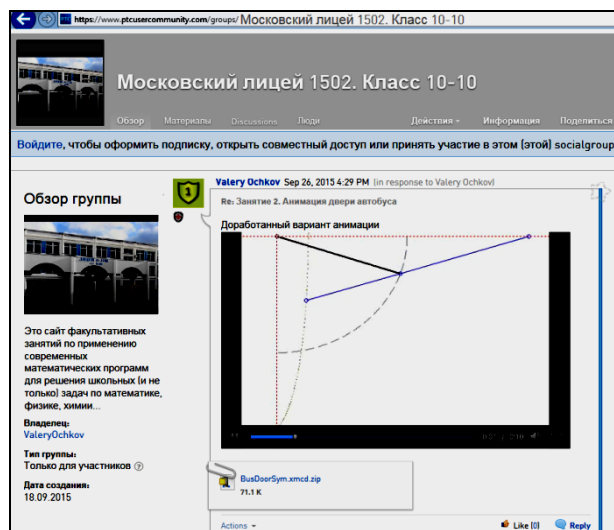


Рис. 3. Кадр анимации движения автобусной двери

Так или иначе, анимация открывания двери автобуса была создана и размещена на сайте факультатива для всеобщего обозрения и комментирования (рис. 3). Там же был размещён и сам MathCAD-файл. Форум PTC Community — это, кстати говоря, надежное и удобное облачное хранилище файлов, рисунков, анимаций и прочего, связанного с пакетом MathCAD и не только с ним.

При создании анимации можно менять геометрию двери (длины элементов двери), угол поворота открывающего/закрывающего рычага и системной переменной FRAME и видеть промежуточное положение двери. Если начальные установки будут несовместимы с геометрией двери, то численного решения системы уравнений не будет (функция Find будет краснеть), а выражения символьного решения будут возвращать комплексные числа. При этом график не будет строиться, а анимация будет иметь пробелы.

Пакетом MathCAD владеет корпорация PTC. У этой фирмы главным продуктом является программа Creo (старое название Pro/Engineer). Это программа САПР — система автоматизированного проектирования. Результаты расчёта, сделанного в среде MathCAD, можно передать в среду Creo, где будет спроектирована реальная автобусная дверь. При этом можно оптимизировать ее размеры — сделать, например, движение двери более плавным, учесть не только кинематику, но и динамику такого движения с учетом действующих на дверь сил, уменьшить усилия на привод двери и т. д.

На факультативных занятиях в лицее были также рассмотрены отдельные вопросы по физике.

Для начала обсуждался вопрос движения тела переменной массы. Вопрос этот довольно сложен для учащихся и недостаточно рассматривается в школьном курсе. Были аналитически и численно решены уравнения движения одноступенчатой и многоступенчатых ракет. Это решение показало необходимость применения многоступенчатых ракет для достижения космических скоростей (подробнее <http://twm.mpei.ac.ru/ochkov/Rocket.pdf>). Законы движения тел переменной массы позволили описать движение тел в атмосфере Земли (метеороидов) с учетом изменения массы тел в результате сгорания в атмосфере.

Следующий класс задач касался оптических тем, в частности применения законов геометрической оптики. Проведенные расчёты позволили без ограничений малых углов и постоянства показателя преломления решить и анимировать задачи расчёта поверхности собирающей линзы и искривления лучей в неоднородной среде (возникновение миражей).

Ещё одним классом задач, решаемых численными методами, были задачи на устойчивость плавающих тел (судов). Тема устойчивости вообще неоправданно потерялась в школьных учебниках физики, математические же инструменты пакета MathCAD открывают широкие возможности для моделирования устойчивости судов произвольной формы. Эта тема исключительно интересна при углублённом изучении разделов гидростатики и аэростатики.

Все перечисленные задачи оказываются по силам учащимся лицея, несмотря на то, что подробное аналитическое решение вряд ли будет по силам и учащимся высших учебных заведений! Эти задачи были опубликованы на сайте PTC Community на английском языке, но не в описываемой группе, а в основном потоке форума. Это позволило привлечь к решению и обсуждению задач людей со всего света.

А вот ещё одна поучительная анимация.

К лицее, где проводится факультатив, многие лицеисты добираются со всех концов Москвы: сначала едут на метро до станции «Новогиреево», а потом на автобусе или троллейбусе несколько остановок. Но некоторые лицеисты катятся от метро до лицея на... самокате, который везут с собой в метро. Самокат в вагоне метро складывается, но его колеса могут запачкать пассажиров. На факультативе в лицее обсуждался «непачкающийся» самокат, который при складывании закрывает выдвигаемыми крыльями свои грязные колеса. И не только обсуждался — была создана анимация такого самоката: см. рис. 4 и сайт с анимацией по адресу: <https://www.ptcusercommunity.com/thread/127948>.

Хорошая идея — дополнять заявки на изобретения не только схемами и рисунками, но и анимациями.

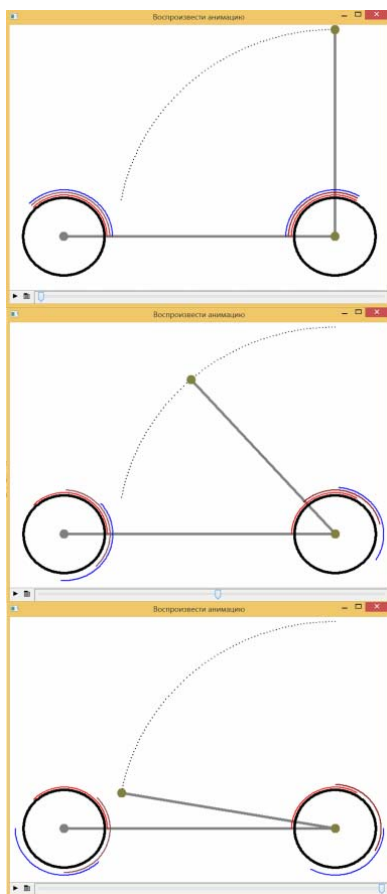


Рис. 4. Кадры анимации самоката с самозакрывающимися колесами

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Форум PTC Community — доступное и удобное средство для создания сайтов поддержки учебного процесса в школе и вузе, основанного на вычислительных возможностях пакета MathCAD.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Андряфанова Н.В., Попова Г.И.** Использование возможностей пакета MathCAD для генерации и про-

верки индивидуальных заданий // Информатика и образование. 2014. № 10.

2. **Бгатова О.В.** Применение MathCAD при обучении математике в колледже // Информатика и образование. 2007. № 11.
3. **Очков В.Ф.** Живые кинематические схемы в MathCAD // Открытое образование. 2013. № 3. URL: <http://twm.mpei.ac.ru/ochkov/MathCAD-15/kinematic.html>
4. **Очков В.Ф.** Преподавание математики и математические пакеты // Открытое образование. 2013. № 2. URL: <http://twm.mpei.ac.ru/ochkov/MathCAD-15/OchkovMath.pdf>
5. **Очков В.Ф.** MathCAD и криптография // Информатика в школе. 2013. № 10. URL: <http://twm.mpei.ac.ru/ochkov/MathCAD-15/MathCAD-CRYPTOGRAPHY.pdf>
6. **Очков В.Ф., Богомолова Е.П.** Это страшное слово «диффуры»... // Информатика в школе. 2015. № 1. URL: <http://twm.mpei.ac.ru/ochkov/ODE.pdf>
7. **Очков В.Ф., Богомолова Е.П., Хейнлоо М.** Решатели, или Великолепная семерка MathCAD // Открытое образование. 2015. № 3. URL: <http://twm.mpei.ac.ru/ochkov/Solvers-OE.pdf>
8. **Суханов М.Б.** Применение пакета MathCAD в обучении программированию на языках высокого уровня // Информатика и образование. 2011. № 10.
9. **Черняк А.А., Черняк Ж.А., Якимович А.А.** MathCAD и Excel для школьников: решение уравнений и неравенств // Информатика и образование. 2009. № 3–7.
10. **Шамсутдинова Т.М.** Программируем в системе MathCAD // Информатика и образование. 2006. № 5.
11. **Шушкевич С.В.** Обучение построению графических объектов в MathCAD // Информатика и образование. 2009. № 5, 6.
12. **Плис А.И., Сливина Н.А.** MathCAD: математический практикум. Финансы и статистика. 1999.
13. **Очков В.Ф., Чудов В.Л., Соколов А.В.** Использование форума PTC COMMUNITY /MathCAD на школьных занятиях по информатике // Информатика в школе. №10. 2015. С. 46–51. URL: <http://twm.mpei.ac.ru/ochkov/PTC-Community-Lyc.pdf>

V.F. Ochkov, A.V. Sokolov, V.L. Chudov

ochkov@twm.mpei.ac.ru; av_sokol_1502@mail.ru; dir@lyceum1502.ru
National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

HIGH SCHOOLS, UNIVERSITIES IT-LESSONS AND PTC COMMUNITY/MATHCAD FORUM

SUMMARY

The work discusses the support of the educational process at high schools and technical universities based on the PTC Community/MathCAD forum. The solution and animation of the problem of the door of the bus and «clear» scooter folding are described.

TEACHING ENGLISH TO RESEARCH STUDENTS USING ICT

SUMMARY

The article is devoted to the implementation of information and communication technologies in the process of teaching foreign languages to masters and postgraduates students at Institutions of Higher Education. The author analyzes the main trends of implementing ICT in classrooms, possible problems, and ways to overcome them.

INTRODUCTION

New Federal State Educational Standards require engineering graduates to reach a high level of practical language skills in their everyday and professional communication, which implies scientific work.

However, the number of classroom hours is not sufficient to achieve these goals, and thus such issues as the individualization of the education process and autonomous learning are highly topical nowadays. One of the most effective ways to resolve the problem is to introduce information and communication technologies to the education process.

1. ICT IN TEACHING FOREIGN LANGUAGES

The widespread introduction of information and communication technologies and technical means to the process of teaching foreign languages provides a great opportunity for its intensification, individualization, and optimization, which leads to significant savings and efficient use of classroom hours and makes learning mobile and more motivational for students.

The rapid development of information technology offers a wide range of teaching means. To use modern technologies effectively, the chosen means should be appropriate to the stage of training and the set goals, as well as the principle of continuity of education.

The purpose of all degree programs at technical universities, in terms of foreign language education, is to achieve the level of communicative competence that allows students to use a foreign language in professional activities. The education is based on the language competences acquired in high school. Hence, the difficulties students experience in further education due to inequality of their skills. Moreover, the inadequacy of secondary education leads to the fact that some students fail to have acquired the basic skills of a foreign language. The solution to the problem of mixed-level training is ICT, which can help students to improve insufficient language skills.

Electronic educational resources should consist of interactive exercises, tests, and simulators with a response system, i.e. tips, questions, suggestions to try again, hyperlinks to help, benefits, individual recommendations, etc. Such tools can be used to monitor and analyze students' progress. Moreover, the control over students' learning activities is simplified, and their autonomous learning and self-testing skills are developed.

Another goal of using ICT in classrooms is to develop skills in professional communication in a foreign language, which implicates specific terminology understood by a person skilled in the particular branch of science.

Implementing ICT to learning is a rather difficult and long-term process, but it solves problems at different levels of education and provides a better learning experience and a competitive education.

2. ICT IN MASTER'S DEGREE PROGRAMS

The principle of continuity of education should be based on a multidisciplinary approach and have a practical focus on the academic development of communicative competence in an international academic environment, i. e. creation of articles, essays, reports, presentations, etc.

Despite the importance of such training, at the beginning of the course there is a problem caused by the deep-seated tradition of teaching foreign languages in technical universities. Languages are taught only in the first or second year. The training is then resumed only in master's degree programs. If a student is not involved in a foreign language for several years, the acquired skills are often lost. However, it should be noted that often postgraduates' interest in learning a foreign language tends to increase together with their proficiency and professional vocabulary in the native language.

The technologies and methods used for training bachelors should be applied to solve these problems at a higher level as well. As previously used teaching materials decrease students' motivation, new resources should be designed specifically for postgraduate programs taking into account, on the one hand, the necessity of repetition of previous stages, on the other hand, the development of professional language skills on a new, higher level.

With the reduction of classroom hours, students are required to work more independently. To develop their skills in professional communication students can:

- search for information on specialized websites;

- make reports and presentations on topical issues;
- participate in discussions on professional forums.

At this stage, a conventional activity of individual academic reading is highly important as it advances students' skills of information search, selection of keywords, and evaluation of search results. It is also essential to teach students use machine translation properly and edit texts in the target language.

3. ICT IN POSTGRADUATE DEGREE PROGRAMS

In addition to preparing for the qualifying examinations for the Candidate's degree, further development of oral and written skills of professional communication in a foreign language — such as writing articles, reports, patents, conducting online discussions in a foreign language, delivering speeches at conferences, etc. — should continue. Thus, emphasis is laid mainly on the ability to gain knowledge, to solve problems, and to set criteria for the selection of the most effective solutions.

4. PROBLEMS AND THEIR SOLUTIONS

The work to be done to create ICT resources and develop methods of their application to the education process requires large intellectual, financial, and time investments. Therefore, it seems reasonable to set priorities and plans for further methodological and research works, for which special scientific groups of teachers could be organized. In addition, appropriate training for teaching staff must be provided.

5. ENGLISH FOR RESEARCHERS INTERACTIVE COURSE PROGRAM

The educational English for researchers course program is to be focused on the acquirement of educational techniques and practical actions determining personal and social challenges and finding solutions to the different tasks through independent work with further presentation of the results. The program is to provide the development of acquired knowledge application, abilities and skills to solve research and practical tasks. It is required to acquire practical educational techniques and develop individual and group work skills. The course places emphasis on presentation and display. The graduates have to be taught clearly, logically and accurately present scientific information, use language adequate to the discussing scientific issue, deliberately and consciously develop their communication skills, learn new language resources. In addition, an extensive usage of various ICT is required for the implementation of student-centered educational processes. Such technologies allow to provide educational processes on an interactive basis using existing electronic educational resources, distance learning and professional forums.

6. AIMS OF THE INTERACTIVE COURSE

The development of students educational, research and communicative competences for carrying out investigations, presentation the results, reviewing research papers, annotating and publishing the research results and participating in discussions at scientific conferences in English are the main objectives of the course.

The results monitoring is carried out both in the classroom, in the form of conversation, report or discussion and in an interactive manner, using a variety of ICTs. Professional vocabulary and grammar necessary for reading and understanding information, oral abilities and creative writing skills are examined. Written assignments include: preparing applications for the research and reviews of references, writing abstracts of the scientific work, and then the article with its subsequent publication in compliance with the rules of information security and scientific ethics, and, finally, evaluation and critical analysis of implemented research project.

Final research report should be assessed in the collaboration with the students scientific supervisor.

Annual University research conference with presentations of completed research projects and scientific discussion is also an effective form of planned course results achievements control. Such conference can be conducted online.

7. RESULTS OF THE INTERACTIVE COURSE

The results of the course are:

- practical abilities in English, as efficient means of professional communication to solve research problems;
- communicative skills to express personal opinion, attitude, position in oral and written communication in English, to present the results of the research in the form of abstracts and public presentations;
- oral and written communications in English with a description of scientific approach and evidence of findings;
- writing reviews on research in English;
- proof of the relevance and reliability of research through logical reasoning in English;
- communicative skills of public speaking and research results presentation in English, participation in scientific discussions and debates;
- meaningful reading and structured information extraction skills;
- the ability to find relevant information on the research topic, exploratory reading of the special literature;
- willingness to conduct the research in English.

The using of ICT and the interactive nature of the course allow to specify expected results in every particular, individual case.

CONCLUSIONS

Summarizing, we can say that modern engineering education is impossible without the development and improvement of methods of teaching foreign languages

with information and communication technologies. To implement new resources in the education process at technical universities a great methodological and research work involving specialists from engineering departments is required.

И.В. Петрова

PetrovaIV@mpei.ru

ФГБОУ ВО Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва

ПРЕПОДАВАНИЕ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА МАГИСТРАМ И АСПИРАНТАМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён применению информационных технологий в процессе преподавания информационных технологий студентам старших курсов и аспирантам. Автор анализирует основные аспекты применения информационных технологий при преподавании, встречающиеся трудности и пути их преодоления.

О ДИСТАНЦИОННОМ ПРЕПОДАВАНИИ КУЛЬТУРОЛОГИИ В НИУ «МЭИ»

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён преподаванию культурологии дистанционно. В нем обобщён опыт преподавания культурологии в НИУ «МЭИ» на протяжении девяти последних лет. В докладе отражены проблемы преподавания, положительные и отрицательные стороны этого процесса.

ВВЕДЕНИЕ

Как отмечается в работах специалистов, современный мир стал информационно единым благодаря повсеместному применению средств информационно-коммуникативных технологий (ИКТ), которые применяются в самых различных областях, от бытовых до высокопрофессиональных. Подчёркивается социальная важность применения ИКТ в образовании и встаёт вопрос повышения его качества и доступности.

В условиях современной информационной обстановки в обществе актуализируется необходимость формировать навыки быстрой ориентации в Глобальной Сети, выявлять информационные потоки с точки зрения содержания, понимать разницу между информацией и знанием.

Использование дистанционной формы обучения наряду с традиционной сегодня выявляет новые возможности получения знаний. В связи с этим возникают и новые задачи в преподавании.

1. ЗАДАЧИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ

Преподаватель-гуманитарий руководствуется следующими соображениями:

- во-первых, научить студента выделять в читаемом тексте главное;
- во-вторых, убедить его осмысленно воспринимать окружающий мир, критически подходить к происходящему, анализировать, сопоставлять, постоянно развивать и использовать свои интеллектуальные возможности;
- в-третьих, показать преимущества умения применить современные технологии.

Опыт преподавания последних 20 лет показывает, что современная общеобразовательная школа, за небольшим исключением, не ставит перед собой такие задачи. Эта ситуация далеко не случайна — к сожалению, в нашем обществе часто звучат призывы вырастить и воспитать потребителей.

2. ПРОБЛЕМЫ УЧАЩИХСЯ

Чтобы было понятно, обратимся к примеру. В нашем учебном пособии [1] есть вопросы к тексту, которые сразу выявляют либо сильные, либо

слабые стороны учащегося. Выполнение заданий показывает, насколько самостоятелен студент. И таких студентов очень мало! Отдельная большая тема — соблюдение элементарной грамотности, которая отсутствует, а безграмотность воспринимается сегодня как норма и не вызывает чувства стыда. В современной культуре постмодернизма многих не смущает компилятивный характер ответов, представляющих собою бесконечное цитирование чужого текста, естественно, без кавычек. Это свидетельствует об отсутствии навыков самостоятельно выражать свои мысли, правильно формулировать высказывания.

А вот задания, в которых применяется тестирование (на практике они сочетаются или чередуются с полными письменными ответами на поставленные вопросы), выполняются быстрее и охотнее, и понятно, почему — это проще, нет необходимости ломать голову над формулировками, которые уже даны, нужно только выбрать правильные или угадать.

Банально говорить о том, что в обществе есть острая востребованность не в потребителях, а в гражданах, понимающих и трезво оценивающих происходящие процессы, ответственных за свои действия и осознающих важность морально-нравственных критериев. В любых обстоятельствах, но особенно в ситуации, когда заметно снижены такие критерии, их появление — результат постоянного и кропотливого труда. Не будем обольщаться и выскажем только надежду на то, что небольшую часть этой воспитательной, интеллектуальной работы можно осуществлять и в рамках дистанционного обучения. Обратимся ещё к некоторым примерам

В электронном пособии по культурологии студенты знакомятся с идеями выдающихся людей отечественной и зарубежной культуры. Например, об идеале в культуре писали голландский культуролог XX в. Й. Хейзинга и русский историк и культуролог XIX в. Н. Данилевский. Студентам предлагается ответить на вопрос, а что можно сказать об идеале современной культуры?

Ответы разные, но в основном они выявляют все те же проблемы, о которых говорилось выше. Выясняется, что студенты практически не читают серьёзных газет и журналов, не слушают радио и не смотрят теленовости, ограничиваются минимальной информацией из Интернета, очень мало читают книг, развивающих мышление.

Выполняя это задание, большинство пишет о безнравственности в современном обществе, а

выход из подобной ситуации связывает в основном с христианской православной церковью. И это в техническом университете! В конце жизни В. Гинзбург [3] поднимал вопрос о важности научного мировоззрения. В своих журнальных публикациях, интервью он призывал воздействовать на ещё не окрепшие умы молодёжи не при помощи мифов и чудес, а с помощью знаний. К сожалению, кумирами современной молодёжи порой являются другие «герои» и виновато в этом общество, которое навязывает ей свои идеалы. Поэтому и ответы на вопросы ограничиваются общими, часто наивными рассуждениями, в них нет опоры на факты ввиду их незнания, отсутствуют конкретные примеры, нет статистических данных.

3. ГОСПОДСТВО НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВЫЯВЛЯЕТ И НОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ОБЩЕСТВЕ

Важно обратить внимание на технологии, которые непосредственно касаются системы образования. Безусловно, преимущества жизни человека в век господства высоких технологий трудно оспаривать, но также невозможно сегодня не говорить и об оборотной стороне, связанной с их использованием. Развитие технологий происходит так стремительно, что человек уже не успевает ими овладеть. Чего стоит только изобретение Интернета, этого «окна в мир», «великого умножителя всего», как его сегодня называют. Отметим, что вместе со всеми положительными сторонами Интернет несёт в себе множество соблазнов и не пустых страхов. Задача человека – грамотно научиться использовать информационные технологии. Эта непростая задача стоит в первую очередь перед преподавателями, задействованными в системе дистанционного обучения.

4. ИНФОРМАТИЗАЦИЯ И ЗНАНИЕ

Непонимание разницы между информацией и знанием часто приводит к неожиданным для студентов результатам. Общим правилом стало обращение к непроверенным данным из Интернета.

Важно постоянно убеждать, что знания — это переработанная информация, что в Интернете зачастую представлена информация непроверенная, и подчас правильно оценить её в состоянии только профессионал. Нередко приходится сталкиваться с тем, что студенты ищут в Интернете ответы на поставленные вопросы, тогда как эти ответы можно найти в учебнике и требуется только внимательно его изучить [3]. Речь идёт не о тех случаях, когда студент обращается к другим источникам, руководствуясь благородными порывами расширить познание.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ИКТ стали важной и неотъемлемой частью нашей жизни. Пользоваться ими удобно и необходимо, чтобы просто не отстать от стремительного потока жизни. Но также важно помнить, что на этом пути нас ждут не только лавры победителей. Этот процесс развития нужно постоянно контролировать, особенно, когда это касается образования молодого поколения.

Технологии и машины должны нам помогать решать насущные проблемы, но они никогда не смогут заменить человеку душу, научить его любить Родину, природу, близких, не смогут приобщить его к подлинному искусству. Они никогда не заменят ему удовольствия от чтения настоящих, хороших книг. Многие молодые люди этого ещё не понимают. Наша задача – убедить, что они неправы.

Подытоживая сказанное, хочется заметить, что любое начинание можно превратить в формальность, а можно, при желании, приложив достаточные усилия и профессионализм, использовать на благо, в конкретном случае, высшего образования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ермишина Н.Д., Михайлов А.Н., Подкопаева И.А., Прокопьев С.М.** Введение в культурологию. М.: Издательство МЭИ, 2006.
2. **Кувакин В.А.** Памяти В.Л. Гинзбурга // Здравый смысл. 2010. № 4(57). С. 12—15.
3. **Подкопаева И.А.** Зачем гуманитарное образование в техническом вузе? // Динамические процессы в современном социокультурном пространстве России: гуманитарные и технологические аспекты глобализации и модернизации. (Волжский, 2014). С. 206—209.

I.A. Podkopaeva

PodkopaevaIA@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

CULTUROLOGY DISTANCE LEARNING IN THE NRU MPEI

SUMMARY

The report focuses on the teaching of cultural studies remotely. It summarizes MPEI's teaching experience for last nine years. Problems of teaching and the positive and negative sides of this process have been identified in the report.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЦЕНТРЕ ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ «ЭКОЛОГИЯ ЭНЕРГЕТИКИ» МЭИ

АННОТАЦИЯ

В статье представлены краткие сведения о Центре повышения квалификации и переподготовки специалистов «Экология энергетики» МЭИ. Рассмотрены различные элементы информационно-коммуникационных технологий, применяемых в программах повышения квалификации и профессиональной переподготовки сотрудников энергетических предприятий и производств, обучающихся в ЦППЭЭ МЭИ. Приведены сведения об Информационной электронной системе открытого доступа «Наилучшие доступные и перспективные природоохранные технологии в энергетике России» (<http://osi.ecopower.ru>).

ВВЕДЕНИЕ

Центр повышения квалификации и переподготовки специалистов «Экология энергетики» (ЦППЭЭ МЭИ) был создан в МЭИ в 1997 г. ЦППЭЭ МЭИ является структурным подразделением Института дистанционного и дополнительного образования НИУ «МЭИ» и действует по лицензии и аккредитации НИУ «МЭИ».

Основной причиной создания ЦППЭЭ МЭИ было стремление устранения несоответствия квалификации руководящего и инженерно-технического персонала энергокомпаний и сотрудников проектных и других специализированных организаций энергетического сектора постоянно меняющимся требованиям к применению природоохранных технологий с учетом современного мирового опыта. Следствием недостаточной квалификации упомянутого персонала было либо сопротивление включению заданий по разработке и внедрению современных природоохранных технологий в отраслевые планы НИОКР и/или использованию положительных результатов апробированных НИОКР в проектах техперевооружения тепловых электростанций (ТЭС), либо непонимание вопросов эксплуатации уже внедренной новой техники и технологий персоналом ТЭС. Приятное исключение составляла квалификация руководящего персонала тех немногих ТЭС, на которых был системно поставлен сбор и анализ информации в области применения природоохранных технологий в энергетике. При внедрении новой техники и технологий сотрудники МЭИ в том или ином виде проводили занятия с эксплуатационным персоналом. Все это и послужило причиной создания ЦППЭЭ МЭИ.

В ЦППЭЭ МЭИ с 1998 г. прошли обучение по различным программам дополнительного образо-

вания 1319 специалистов основных энергетических специальностей. Продолжительность программ повышения квалификации составляет от 18 до 475 аудиторных часов, а профессиональной переподготовки — 510 аудиторных часов. В итоге работы ЦППЭЭ МЭИ в период с 1998 г. по сентябрь 2015 г. прошли повышение квалификации 917 и профессиональную переподготовку 402 сотрудника предприятий и специализированных организаций электроэнергетики и организаций энергетического сектора других отраслей экономики. С более подробной информацией о программах дополнительного образования можно ознакомиться в разделе «Образование» сайта <http://www.ecopower.ru>

Директор ЦППЭЭ МЭИ Путилов В.Я. в составе коллектива авторов НИУ МЭИ получил Национальную экологическую премию за 2007 г. в номинации «Образование для устойчивого развития» за разработку и внедрение в Московском энергетическом институте впервые в отечественной практике комплексной системы непрерывного образования в области экологии энергетики для вузов и системы повышения квалификации и переподготовки специалистов. Премия учреждена Госдумой РФ и фондом имени В.И. Вернадского.

В процессе обучения по программам повышения квалификации и профессиональной переподготовки в Центре постоянно используются элементы информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), что делает учебный процесс более полным и эффективным, а также существенно упрощает коммуникацию между преподавателями и слушателями. Это касается чтения лекций с демонстрацией презентаций, подготовки учебно-методических материалов, проведения практических и лабораторных работ, сдачи зачетов и экзаменов, подготовки и защиты дипломных работ. Ниже рассмотрены элементы ИКТ, которые долгое время успешно применяются в ЦППЭЭ МЭИ.

1. ПРИМЕНЕНИЕ ИКТ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ В ЦППЭЭ МЭИ

Для организации максимально эффективного обучения слушателей ЦППЭЭ МЭИ учебная аудитория Центра оборудована мультимедийным комплексом. Все преподаватели, участвующие в учебном процессе, будь то штатные преподаватели или научные сотрудники МЭИ, а также привлекаемые к обучению авторитетные специали-

сты различных энергетических предприятий и специализированных организаций, готовят учебно-методические материалы и презентации в электронном виде. Слушатели обеспечиваются учебно-методическими и раздаточными материалами в печатном виде, а также в виде электронных учебных пособий и презентаций. Для повышения эффективности учебного процесса при реализации программ повышения квалификации электронные учебно-методические материалы рассылаются слушателям заблаговременно перед началом обучения для того чтобы они пришли на занятия более подготовленными. Кроме того, некоторые лекторы кроме статичных презентаций подготавливают видеоролики, позволяющие наглядно продемонстрировать изучаемые процессы, что является существенным наглядным дополнением к излагаемому теоретическому материалу.

На практических и лабораторных занятиях по программам профессиональной переподготовки по направлениям «Теплоэнергетика и теплотехника» и «Электроэнергетика и электротехника» в ЦППЭЭ МЭИ применяются различные компьютерные программы как, например, WaterSteamPro для расчета параметров воды и водяного пара или MatLab при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Переходные электромагнитные процессы в ЭЭС».

На практических занятиях по информационным технологиям слушатели программ профессиональной переподготовки по направлениям «Теплоэнергетика и теплотехника» и «Электроэнергетика и электротехника» достаточно глубоко осваивают следующие программные продукты: Word, Excel, Share Point, Project и Power Point. Это позволяет в процессе обучения выполнять расчетные задания, курсовые и дипломные работы в соответствии с современными требованиями, а также готовить презентации для успешной защиты дипломных работ независимо от начального уровня владения ПК.

Для выполнения и подготовки к защите курсовых проектов и дипломных работ по программам профессиональной переподготовки по направлениям «Теплоэнергетика и теплотехника» и «Электроэнергетика и электротехника» наряду с очными консультациями слушателей с преподавателями в качестве дополнительной возможности применяются технологии общения через Интернет, включая электронную почту и Skype. Особенно это приветствуется слушателями, проживающими за пределами Москвы и Московской области и не имеющими возможности для очных консультаций с преподавателями в межсессионный период.

Кроме применения элементов ИКТ в очно-заочной форме обучения в ЦППЭЭ МЭИ, в Центре создана многопользовательская система дистанционного аудиовизуального обучения (далее –

система ДАВО). Она может быть использована при реализации программ повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов, работающих на энергопредприятиях за пределами Москвы и Московской области, а также России.

Особенностью ДАВО является аудиовизуальный контакт в режиме реального времени преподавателя со слушателями, находящимися в разных местах (до 30 рабочих станций). Единственным техническим требованием, предъявляемым к контрагенту, является наличие оборудованного рабочего места в составе рабочей станции с предустановленным ПО; графического планшета; видео-камеры с микрофоном, аудиоколонок, экрана. Рабочее место может быть поставлено «под ключ» по договору или дооборудовано специалистами центра до требуемого уровня в конференц-зале или зале заседаний с ранее установленным мультимедийным оборудованием.

Использование такой системы ДАВО позволяет организовывать процесс обучения по гибкому графику проведения занятий.

Использование системы ДАВО для дополнительного профессионального образования в ЦППЭЭ МЭИ позволяет качественно обучать слушателей, находящихся за пределами Москвы и Московской области, в соответствии с расписанием проведения занятий без командирования в Москву, что позволяет существенно снизить сопутствующие затраты, связанные с обучением сотрудников, такие как оплата проезда, размещение в гостинице, выплата суточных и другие расходы.

2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАЗ ДАННЫХ И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСОВ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ В ЦППЭЭ МЭИ

В 2010—2011 гг. соответствии с Программой развития НИУ «МЭИ» за счет средств государственного бюджета проводилась работа по созданию Информационной электронной постоянно обновляемой системы открытого доступа «Наилучшие доступные и перспективные природоохранные технологии в энергетике России» [1] на русском и английском языках (<http://osi.ecopower.ru>, далее — ОИС НДТ в энергетике России). Инициатором и научным руководителем проекта по созданию и развитию ОИС НДТ в энергетике России является директор ИАЦЭЭ МЭИ Путилов В.Я. Работу по созданию ОИС НДТ выполнял ООО «Экополис».

ОИС НДТ в энергетике России зарегистрирована в Роспатенте РФ в качестве базы данных [2].

Основной целью создания ОИС НДТ в энергетике России является информационное обеспечение природоохранной деятельности в энергетике:

- для осуществления экологически и экономически эффективной природоохранной политики;



Рис. 1. Баннер ОИС НДТ

- для подготовки, повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов энергопредприятий в вузах и других образовательных учреждениях в соответствии с современными требованиями в области охраны окружающей среды от техногенного воздействия объектов энергетики.

Наличие ОИС НДТ в энергетике России даёт возможность:

- бесплатного ознакомления в режиме on-line любого российского или зарубежного пользователя с постоянно обновляемой информацией о разработке, внедрении и применении природоохранной техники и технологий в энергетике России и стран мирового сообщества;

- открытого информационного обмена по проблеме экологии энергетики между российскими и зарубежными специалистами;

- беспрепятственного доступа студентов образовательных учреждений, слушателей программ повышения квалификации и профессиональной переподготовки, школьников и других групп заинтересованных пользователей к информации о проблемах и путях решения природоохранных задач в энергетике;

- формирования благоприятного имиджа России в области охраны окружающей среды в энергетике среди стран мирового сообщества за счет максимально открытого объективного информирования мировой общественности о деятельности российских энергокомпаний по решению проблем экологии энергетики на базе наилучших доступных природоохранных технологий и использованию побочных продуктов сжигания органического топлива в качестве заместителей природного сырья.

Сведения, размещаемые в ОИС НДТ, являются и будут являться в дальнейшем результатом проведения системных исследований отечественного и зарубежного опыта по решению проблемы экологии энергетики.

Источники информации для ОИС НДТ в энергетике России:

- результаты системных исследований по различным аспектам проблемы экологии энергетики, представляемые авторами в Редколлегию системы;

- материалы международных и российских семинаров и конференций по вопросам экологии энергетики,

- аналитические материалы экспертов по различным направлениям природоохранной деятельности в энергетике.

Информация в первую очередь предназначена для инженерно-технических работников, занимающихся проектированием, наладкой, эксплуатацией и надзором за эксплуатацией энергетического оборудования предприятий и организаций топливно-энергетического комплекса, жилищно-коммунального хозяйства и других отраслей экономики. Материалы, приведенные в ОИС НДТ, могут использоваться также студентами вузов в качестве справочного пособия по природоохранным технологиям в энергетике. Сайт полезен и для специалистов природоохранных органов и других заинтересованных лиц.

Представленные в ОИС НДТ в энергетике России материалы отобраны Редколлекцией. Редколлегия сформирована из авторитетных специалистов по различным направлениям природоохранной деятельности в энергетике.

Основные достоинства ОИС НДТ в энергетике России как базы данных о природоохранных технологиях:

- полнотекстовые материалы с описанием наилучших доступных природоохранных технологий, применяемых в энергетике не только России, но и промышленно развитых стран мирового сообщества;

- две идентичные версии — русская и английская;

- постоянное обновление и дополнение новыми техническими и аналитическими материалами, представляемыми авторитетными российскими и зарубежными авторами;

- бесплатность доступа.

Упомянутая база данных успешно используется в процессе обучения в МЭИ различными категориями слушателей программ дополнительного образования ЦППЭЭ МЭИ, а также студентами.

География внешних посетителей ОИС НДТ в энергетике России – самая обширная, посетители всех континентов мира пользуются представленными материалами без каких-либо ограничений.

Раздел «Обращение с золошлаками» ОИС НДТ в энергетике России является частью Всемирной сети по побочным продуктам сжигания угля www.wwccpn.com.



Рис.2. Всемирная сеть по побочным продуктам сжигания угля

Сайт Всемирной сети по побочным продуктам сжигания угля является еще одним Интернет-ресурсом, который применяется в программах профессиональной переподготовки ЦППЭЭ МЭИ при преподавании дисциплин «Экология и правовые основы природоохранной деятельности в энергетике» и «Природоохранные технологии на ТЭС». Информация Всемирной сети по побочным продуктам сжигания угля также используется слушателями, выполняющими дипломные работы по системам обращения с золошлаками ТЭС.

V.Y. Putilov, I.V. Putilova, E.A. Malikova

PutilovVY@ecopower.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

APPLICATION OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE TRAINING CENTRE «ECOLOGY IN POWER ENGINEERING»

SUMMARY

The paper deals with brief information about the Centre for Advanced Studies and Retraining "Ecology in Power Engineering" of MPEI (CPPEE MPEI). It contains various elements of information and communication technologies, used in the programs of training and retraining of the technical staff of power companies and industries, trained in CPPEE MPEI. It also describes the Information Electronic Open System "The Best Available and Perspective Nature Protection Technologies in the Russian Power Industry" (<http://osi.ecopower.ru>).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время эффективный образовательный процесс невозможно организовать без применения ИКТ. Это касается как первого высшего образования, так и дополнительных форм образования. Практическое использование элементов ИКТ при всем их разнообразии помогает сделать образовательный процесс не только более эффективным, но и существенно доступнее для слушателей, находящихся за пределами как Москвы и Московской области, так и России. Подготовка учебно-методических материалов для возможности их применения с использованием ИКТ при чтении лекций, проведении практических и лабораторных занятий, консультаций по типовым расчетам и курсовым проектам является достаточно продолжительным и непростым, но объективно необходимым процессом. По мнению авторов статьи, применение ИКТ несколько не заменяет очные формы обучения, а является прекрасным дополнением к ним.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Открытая информационная система** «Наилучшие доступные и перспективные природоохранные технологии в энергетике России» <http://osi.ecopower.ru>.
2. **Свидетельство о регистрации базы данных** «Информационная электронная постоянно обновляемая система открытого доступа «Наилучшие доступные и перспективные природоохранные технологии в энергетике России» Роспатент РФ №2013620175 от 09.01.2013.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДЛЯ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

АННОТАЦИЯ

В докладе представлен опыт авторов по аналитической обработке данных, накопленных при многолетней эксплуатации дистанционного практикума в инженерном вузе. Описаны функциональные возможности практикума и характеристики накопленных информационных массивов. Приводится формальная постановка задачи кластеризации студентов, обсуждаются ход и результаты эксперимента.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе работы студентов с системой дистанционного обучения (СДО) в её базе данных обычно сохраняется вся детальная информация о процессе обучения. Таким образом накапливаются большие информационные массивы, которые, как правило, удаляются после того, как студент завершил изучение дисциплины (окончил вуз). Тем не менее, накопленные в СДО информационные массивы могут стать источником новых, полезных для организации учебного процесса знаний в результате их аналитической обработки с применением методов искусственного интеллекта.

В системах аналитической обработки данных различных предметных областей хорошо себя зарекомендовали методы Data Mining [1]. Дословно этот термин переводится как «добыча данных», часто используется более свободный перевод «интеллектуальный анализ данных». В связи с развитием технологий дистанционного образования в последние годы сформировано отдельное направление Educational Data Mining, которое уже используется, например, в рамках проектов MOOC (Massive Open Online Courses).

Одной из полезных и востребованных в СДО задач Data Mining является кластеризация. В докладе представлен опыт авторов по применению методов кластеризации к данным дистанционного практикума по программированию, технологиям баз данных и смежным дисциплинам, который разработан в Вологодском государственном университете (ВоГУ) и активно используется при обучении будущих инженеров (специалистов в области ИКТ) на протяжении десяти лет.

1. ДИСТАНЦИОННЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ, ТЕХНОЛОГИЯМ БАЗ ДАННЫХ И СМЕЖНЫМ ДИСЦИПЛИНАМ

Кратко представим объект исследования — дистанционный практикум, который позволил выполнить эксперимент на реальных данных,

накопленных за десятилетний период его использования в учебном процессе ВоГУ.

Качественная подготовка инженерных кадров, специализирующихся в области ИКТ, невозможна без применения тренинговых технологий обучения в целях доведения до автоматизма навыков разработки компьютерных программ, запросов к базам данных, административных сценариев и т.д. СДО MOODLE, используемая в учебном процессе ВоГУ, не содержит стандартных средств для интенсивной тренировки будущих инженеров—программистов или администраторов баз данных.

В связи с острой необходимостью в 2005 году на кафедре автоматики и вычислительной техники ВоГУ был разработан и внедрен в учебный процесс дистанционный практикум по программированию с автоматической проверкой решений студентов. В результате развития практикума к настоящему времени в нём реализованы подсистемы [2]:

- практикум по программированию (12 языков программирования на выбор);
- подсистема проведения виртуальных турниров;
- подсистема проверки SQL-запросов и хранимых процедур на языке PL/SQL (используется СУБД Oracle);
- подсистема проверки решений под виртуальной машиной VMWare.

Получив решение (компьютерную программу, административный сценарий или SQL-запрос), система проверки многократно запускает его на некотором наборе тестов и сравнивает полученные результаты с эталонными или производит более сложные действия (если задача имеет несколько корректных ответов). Задача считается решенной студентом, если она выдает правильный ответ на всех тестах. В этом случае выполняется дополнительная проверка принятого решения на плагиат, причём для задач по программированию сравниваются не исходные, а объектные коды программных решений. Это позволяет отслеживать ситуации, когда студент, отправляющий от своего имени чужое решение, уже зафиксированное в системе, изменяет в исходном коде программы имена переменных, добавляет лишние операторы, которые заведомо исключаются оптимизирующим компилятором и т.д.

Если задача решена неверно, система помогает студенту найти ошибку путём подсказки, на каком именно тесте решение выдало неправильный от-

вет. После этого исправленное решение снова посылается на проверку — количество попыток решения задачи в практикуме не ограничено.

Возможности удаленного доступа к практикуму и автоматической проверке решений позволяют организовать самостоятельную работу студентов в форме интенсивного тренинга в индивидуальном темпе, избавляют преподавателей от рутинной работы по проверке решений задач, вносят элементы состязательности в процесс обучения. Практикум активно используется преподавателями различных дисциплин («Программирование», «Базы данных», «Операционные системы» и некоторых других). Практикум размещен на сайте кафедры автоматизации и вычислительной техники ВоГУ (<http://atpp.vstu.edu.ru>) и доступен студентам не только ВоГУ, но и других вузов, которые его используют как дополнительный инструмент овладения профессиональными компетенциями.

2. БАЗА ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ПРАКТИКУМА

Информационной основой практикума, объединяющей реализованные в нём подсистемы, является база данных. В ней размещена вся необходимая для организации учебного процесса информация.

В настоящее время в базе данных имеется более 1500 задач различной тематики, для каждой из них подготовлены средства автоматической проверки и выполнена экспертная оценка сложности в баллах (1—200 баллов). Большой разброс сложности задач связан с тем, что практикум используется не только в основном учебном процессе, но и при подготовке студентов к олимпиадам по информатике и программированию различного уровня.

В настоящее время в базе данных практикума зарегистрировано более 4000 студентов, значительная их часть уже окончила вуз. Для каждой задачи практикума имеются прецеденты её верного решения, на счету у наиболее успешных студентов — по несколько сотен решённых задач. В практикуме ведутся рейтинги студентов — по группам, по тематике задач, общий рейтинг всех пользователей практикума.

Каждая попытка решения задачи студентом фиксируется в базе данных, при этом сохраняются следующие сведения:

- идентификатор студента и номер задачи;
- дата и время получения решения задачи системой проверки;
- используемый компилятор;
- статус попытки (верное решение или код ошибки);
- характеристики верного решения — время исполнения программы (запроса, скрипта), размер используемой памяти, процент плагиата в решении, обнаруженный системой проверки.

За десять лет эксплуатации практикума зафиксировано около 142000 попыток решения задач, из них 43000 успешных. Таким образом, в среднем, задача решается студентом за три попытки, но разброс количества попыток, затраченных для решения разных задач различными студентами, значителен.

Объемы накопленных данных внушительны, но пока не оказывают негативного влияния на производительность системы. Тем не менее, темпы накопления данных постоянно возрастают, и возникает проблема хранения и обработки «исторической» информации, которая уже не нужна для решения текущих задач учебного процесса.

Имеется общее понимание того, что в накопленных данных заключены скрытые знания, которые могут быть полезными для анализа эффективности учебного процесса в целом и повышения качества обучения. Например, на основе этих знаний преподаватели смогут сделать выводы, как проходит процесс обучения у различных групп студентов, какой курс дается им легче, какая тематика задач понятнее для решения, какой язык программирования пользуется популярностью, какие задачи вызывают больше затруднений и т.д. В итоге извлечённые из накопленных данных знания помогут подобрать для каждого студента такие задачи, которые лучше всего подходят для него на конкретном этапе обучения.

Исходя из приведенных выше соображений, было принято решение о разработке аналитической подсистемы для дистанционного практикума. В настоящее время реализовано отдельное хранилище «исторической» информации, структура которого приспособлена для эффективной аналитической обработки данных. Таким образом, обеспечена возможность освобождения оперативной базы данных практикума от избыточной информации и решения проблемы потенциального снижения производительности.

Для аналитической обработки данных было решено использовать методы Data Mining [3].

3. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ КЛАСТЕРИЗАЦИИ

Основными задачами Data Mining являются кластеризация, классификация, регрессия, поиск ассоциативных правил, прогнозирование. Применительно к анализу данных дистанционного практикума все перечисленные задачи актуальны, но с точки зрения практической значимости предпочтение было отдано задачам кластеризации и классификации. Исходя из состава накопленных данных, были выделены два основных объекта анализа — задачи практикума и студенты, решающие задачи. Они представлены в базе данных множеством существенных признаков, на основании которых могут быть выполнены их кластеризация и классификация.

Поясним разницу в постановке задач кластеризации и классификации. Они относятся к группе задач машинного обучения, преследуют одну и ту же цель разбиения объектов на группы (классы, кластеры) на основании сходства их признаков, но стратегии обучения в этих задачах различаются. Классификация (обучение «с учителем») требует наличия обучающей выборки — множества объектов, класс которых уже известен, множество классов также должно быть известно заранее. Задача кластеризации (обучение «без учителя») решается при неизвестном множестве кластеров и отсутствии обучающей выборки.

В силу своих особенностей кластеризация часто используется на начальном, «разведочном» этапе анализа, при недостатке данных для постановки задачи классификации [4]. С неё было решено начать анализ данных дистанционного практикума.

Формально задача кластеризации описывается следующим образом. Дано множество объектов I (в нашем случае это множество всех студентов, зарегистрированных в базе данных практикума), каждый из которых представлен набором признаков. Требуется построить множество кластеров C и отображение F множества I на множество C , т.е. $F: I \rightarrow C$. Отображение F задает модель кластеризации, которая является решением задачи.

Качество решения задачи определяется количеством верно кластеризованных объектов (точность кластеризации). Время решения задачи рассматривается как дополнительный показатель.

Множество I определим следующим образом:

$$I = \{i_1, i_2, \dots, i_j, \dots, i_n\},$$

где i_j — исследуемый объект (студент, зарегистрированный в дистанционном практикуме).

Каждый из объектов характеризуется набором признаков:

$$i_j = \{x_1, x_2, \dots, x_n, \dots, x_m\}.$$

Таковыми признаками, характеризующими процесс решения задач практикума студентами, являются:

- id студента, год обучения (курс или признак того, что студент уже окончил вуз);
- количество решенных студентом задач;
- процентное соотношение количества верно решенных задач к общему количеству решаемых задач;
- среднее число попыток при решении задачи студентом;
- средняя экспертная сложность решаемых (и решенных) студентом задач.

Перечисленные признаки могут быть получены из базы данных практикума с помощью несложных *SQL*-запросов.

Задача кластеризации состоит в построении множества

$$C = \{c_1, c_2, \dots, c_k, \dots, c_g\},$$

где c_k — кластер, содержащий похожие друг на друга объекты из множества I :

$$c_k = \{i_j, i_p \mid i_j \in I, i_p \in I \text{ и } d(i_j, i_p) < \sigma\},$$

где $d(i_j, i_p)$ — мера близости между объектами, называемая расстоянием; σ — величина, определяющая меру близости для включения объектов в один кластер (в ходе эксперимента её значение было подобрано эмпирически).

4. ХОД И РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

К настоящему моменту задача кластеризации студентов решена. Рассмотрим этапы проведенного эксперимента.

Сначала были исследованы существующие алгоритмы кластеризации, исходя из критериев точности кластеризации и времени работы алгоритма. Для анализа были выбраны следующие алгоритмы: COBWED, DBSCAN, XMEANS, EM-алгоритм и алгоритм иерархической кластеризации (агломеративная кластеризация Ланса—Уильямса).

Затем были исследованы существующие программные средства, подходящие для проведения эксперимента. Выбор был сделан в пользу программного пакета WEKA, так как в нем есть все выбранные алгоритмы кластеризации, пакет является свободно распространяемым, имеется техническая документация на русском языке.

Далее выбранные алгоритмы были опробованы на модельных данных, взятых из известного репозитория тестовых данных для задач машинного обучения UCI (университет г. Ирвин, Калифорния, США). Было подобрано пять наборов данных из различных предметных областей с имеющимися результатами кластеризации, поэтому точность алгоритмов можно было оценить. По результатам кластерного анализа модельных данных алгоритм XMeans продемонстрировал лучшие по точности результаты, кроме того, этот алгоритм показал наименьшее время кластеризации на всех наборах данных. Неплохие результаты показали также CobWeb и алгоритм иерархической кластеризации. Эти три алгоритма были отобраны для решения задачи кластеризации реальных данных практикума.

Набор данных, подлежащий кластеризации, содержал 4713 строк в соответствии с общим количеством студентов, зарегистрированных в практикуме. Включение в набор всех студентов, в том числе, окончивших вуз, было принято сознательно, поскольку кафедра отслеживает профессиональную карьеру своих выпускников, а результаты кластеризации предоставляют возможность установить связь между успехами в учёбе и работе после окончания вуза, кроме того, можно провести ана-

логии между выпускниками и нынешними студентами. Каждый экземпляр набора был представлен пятью числовыми признаками, перечисленными в предыдущем разделе.

В процессе эксперимента на реальных данных алгоритм иерархической кластеризации не сумел справиться с задачей, выдав сообщение о нехватке памяти, хотя на модельных данных он показывал неплохие результаты. Возможно, это связано с особенностями его реализации в пакете WEKA. Алгоритмы XMEANS и COBWEB показали непротиворечивые и интерпретируемые результаты работы, что является косвенным подтверждением правильности выполненной кластеризации [4].

Оба алгоритма выделили в качестве основных признаков, значимых для кластеризации, среднюю экспертную сложность решаемых студентом задач, среднее количество попыток решения задачи и процентное соотношение количества верно решенных задач к общему количеству решаемых задач. При этом алгоритм CodWeb при кластеризации в качестве основного признака использовал сложность решаемых задач, а алгоритм XMEANS, как и в эксперименте на модельных данных, сумел учесть все признаки. В результате CodWeb выделил четыре кластера:

- студенты, которые выбирали для решения самые простые задачи (сложностью до 10 баллов); при этом им удалось получить верное решение за 1—3 попытки;
- студенты, решающие в основном задачи средней сложности (10—50 баллов) за 2—3 попытки;
- студенты, которым пришлось очень потрудиться для получения верного решения сложных задач, число попыток для решения одной задачи больше десяти, средняя сложность задач от 50 до 150 баллов;
- студенты, часто выбиравшие очень сложные задачи (в среднем 150 баллов) и не сумевшие их решить.

Алгоритм XMEANS также выделил близкие кластеры, но он сумел выделить 7 кластеров:

- среди студентов, решавших сложные задачи, был выделен немногочисленный кластер из тех, кому удалось получить верное решение большинства сложных задач с 1—3 попыток;
- студенты, решавшие простые задачи, также были разбиты на два кластера — те, кто решал

большинство задач с первой попытки, и те, кому потребовалось в среднем 2—3 попытки;

- был выделен отдельный кластер, в который вошли студенты, пока не сумевшие решить ни одной задачи.

Для каждого кластера был получен список студентов, входящих в данный кластер.

Полученные результаты были переданы преподавателям, использующим практикум в учебном процессе. По их отзывам, полученная информация была полезна, поскольку позволила индивидуализировать обучение. Востребованной оказалась и информация о студентах, которые тренировались в процессе подготовки к олимпиадам по программированию, поскольку выяснилось, что некоторые из них набирали рейтинг в практикуме путём решения большого количества несложных задач, а некоторые не доводили решение сложных олимпиадных задач до конца. В результате, тренировки были организованы более рационально.

Результаты кластеризации выпускников ВоГУ, прошедших обучение в практикуме, оказались предсказуемыми. Практически все, кто сделал хорошую карьеру в области программных разработок, попали в кластеры студентов, успешно решавших сложные задачи практикума. Отдельных кластеров для выпускников вуза ни один алгоритм не выделил.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты выполненного эксперимента показывают целесообразность использования методов кластеризации в СДО. Планируется реализовать и другие задачи Data Mining для получения новых знаний, которые позволят улучшить качество инженерного образования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дюк В.А., Самойленко А.П. Data Mining: учебный курс. СПб.: Питер, 2001. 368с
2. Андрианов И.А., Менухова Н.О. Разработка и особенности использования дистанционного лабораторного практикума по программированию. // Сб. научн. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. Тамбов, 2012. С. 10—12.
3. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining / А.А. Барсегян, М.С. Куприянов, В.В. Степаненко, И.И. Холод. СПб.: БХВ - Петербург, 2004. 360с.
4. Гитис Л.Х. Статистическая классификация и кластерный анализ. М.: МГГУ, 2003. 157 с.

S.U. Rzhetskaya, U.S. Basalava

avt@vstu.edu.ru

Vologda State University, Vologda

EXPERIENCE OF APPLICATION OF CLUSTERING METHODS TO ANALYZE THE RESULTS OF DISTANT LEARNING

SUMMARY

The report presents the authors' experience of analytical processing of data accumulated during long-lasting exploitation of the remote training system in the engineering university. It also describes the functionality of the training system and characteristics of the accumulated information arrays. Formal statement of the problem of clustering of students is provided in this article, the progress and results of the experiment are discussed as well.

МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ СБОРА ИНФОРМАЦИИ ОБ ОБУЧАЕМОМ В АДАПТИВНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЕ

АННОТАЦИЯ

В докладе рассмотрены методы и алгоритмы сбора информации об обучаемом в адаптивных обучающих системах, вводится понятие комплексных тестов и аргументируется возможность их применения в качестве учебно-тренировочных и контрольных тестов.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка адаптивных обучающих программных комплексов на основе законов дидактики и компетентностного подхода является в настоящее время актуальной задачей. Современные исследования в области применения компьютеров в обучении развиваются в основном в рамках нескольких основных направлений, которые можно обозначить следующим образом: интеллектуальные обучающие системы; учебные мультимедиа и гипермедиа; учебные среды, микромиры и моделирование; использование компьютерных сетей в образовании; новые технологии для обучения конкретным дисциплинам. Одним из направлений индивидуализации обучения является применение компьютерных адаптивных обучающих систем (АдОС).

1. МЕТОДЫ СБОРА ИНФОРМАЦИИ

Для реализации адаптации и построения индивидуальной траектории обучения необходима постоянно обновляемая информация о возможностях и предпочтениях студента, его затруднениях и достижениях. Существует достаточно много методов сбора информации. К ним относятся: наблюдение, анкетирование, опрос, тестирование, эксперимент и многие другие. У каждого из методов есть свои достоинства и недостатки. Например, достоинствами эксперимента является объективный характер, возможность установления причинно-следственной связи между факторами, но также есть трудности с организацией контроля над всеми факторами в естественных условиях и высокие издержки. Достоинством наблюдения является простота и исключение искажений, вызываемых контактами объектов с исследователем. Но наблюдение не позволяет однозначно определить внутренние мотивы поведения субъектов и его результаты могут быть неправильно интерпретированы наблюдателями.

Анкетирование можно рассматривать как одну из разновидностей интервью. Метод предполагает подготовку бланка с вопросами. Разработка вопросов подчас весьма трудоемка, а для их составления и анализа результатов требуется про-

фессионал. В АдОС анкетирование используют для получения коммуникативной информации, необходимой для однозначной идентификации студента и обеспечивающей общение с ним: имя, домашний адрес и т.д. Этим способом можно также определить психологическое и эмоциональное состояние обучаемого.

Эксперимент — это метод познания, при помощи которого в контролируемых и (или) управляемых условиях исследуются явления действительности. Он позволяет быстро вскрывать закономерности, находить оптимальные режимы функционирования объекта, но его труднее осуществить. В АдОС эксперимент можно применить, например, для определения предпочтений студента к форме представления учебных материалов, методических инструкций (текстовая, видео, аудио и т.п.)

Тестирование как метод сбора информации обычно применяется для получения информации о компетентностных и когнитивных характеристиках обучаемого. Эти характеристики используются для построения индивидуальной траектории обучения студента и её корректировки в случае необходимости. [1].

Не все методы сбора информации можно применить в АдОС. Например, в интервью очередной вопрос контекстно зависит от предыдущего вопроса. Наблюдение можно лишь реализовать в виде отслеживания последовательностей действий пользователя. При этом вряд ли возможно дать какие-либо рекомендации по изменению хода учебного процесса.

2. КОМПЛЕКСНЫЕ ТЕСТЫ

К сожалению, длительность психологических тестов сравнительно велика, что не позволяет применять их и их результаты перед каждым сеансом обучения. В связи с этим автором работы предлагается использовать комплексный тест. Комплексным будем называть тест, позволяющий совместить измерение уровня знаний с определением когнитивных характеристик. Некоторые аспекта создания и применения комплексных тестов показаны в работах [2, 3].

На кафедре Автоматики и вычислительной техники Вологодского государственного университета выполнен ряд экспериментов по правомочности применения комплексных тестов. Комплексные тесты были подготовлены и проведены по ряду дисциплин. Практически при определе-

нии всех характеристик наблюдалась положительная корреляция между характеристиками, определёнными специализированными и комплексными тестами. Коэффициент корреляции между результатами контроля знаний студентов посредством экзамена и комплексного теста по разным группам составил от 0,83 до 0,94, корреляция со специализированными тестами на внимание, интеллект ниже (0,4—0,7) [3]. Таким образом, проведённые исследования подтверждают возможность применения комплексных тестов для оценки уровня знаний и определения когнитивных характеристик обучаемых.

3. АЛГОРИТМЫ СБОРА ИНФОРМАЦИИ ОБ ОБУЧАЕМОМ

Алгоритм сбора первичной информации об обучаемом следующий. При первом входе в АдОС — регистрация и анкетирование. Прохождение психологических тестов. Студент может проигнорировать этот шаг (например, из-за недостатка времени), но в этом случае при составлении индивидуальной траектории поправка на психо-эмоциональное состояние обучаемого сделана не будет. АдОС позволяет выполнить эти тесты и позже. После выбора дисциплины — входной тест. Его задача — определить готовность студента к изучению данного предмета. В зависимости от объёма исходных знаний (в первую очередь) назначается уровень сложности предлагаемых учебных материалов. Если в качестве входного используется комплексный тест, то появляется и учитывается информация и о когнитивных особенностях обучаемого.

При последующих входах обучаемого в АдОС работает алгоритм сбора текущей информации. Изучение каждого учебного модуля завершается

комплексным контрольным тестом. По его итогам возможно изменение уровня сложности учебных материалов в сторону понижения (автоматически) или повышения (по желанию студента). Во втором случае может возникнуть необходимость повторного прохождения темы на более высоком уровне сложности. В итоговом тесте по дисциплине комплексные задания не используются.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение комплексных тестов как метод сбора информации об обучаемом в условиях адаптивного обучения позволит сократить время на определение когнитивных характеристик студента. Комплексные задания можно применять также в качестве учебно-тренировочных задач. Они вносят элемент разнообразия в контроль знаний по изучаемой дисциплине, активизируют внимание.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сергушичева, А.П. Построение и корректировка траектории обучения в интеллектуальных агентно-ориентированных учебных комплексах // Труды межд. науч.-мет. конф. «Информатизация инженерного образования ИНФОРИНО-2014». М Издательский дом МЭИ, 2014. С 563—566.
2. Сергушичева А.П., Алябьева И.В., Рожина Е.Н. Определение психологических и компетентностных характеристик студентов в адаптивных обучающих системах с помощью комплексных тестов // Многоуровневое образование и компетентностный подход: векторы развития. Вологда: Вологодский институт бизнеса, 2014. С. 579 —584
3. Сергушичева А.П., Рожина Е.Н. Алгоритм формирования комплексных тестов для адаптивной обучающей системы // Вузовская наука — региону: материалы XIII Всерос. науч. конф. Вологда, 2015. С. 103—106.

E.N. Rozhina

elenkarm@mail.ru

Vologda State University, Vologda

METHODS AND ALGORITHMS FOR GATHERING INFORMATION ABOUT STUDYING IN THE ADAPTIVE LEARNING SYSTEM

SUMMARY

The report examines the methods and algorithms of gathering information about the student in adaptive learning systems, introduces the concept of comprehensive tests and argued the possibility of their use as a teaching and training and control tests.

ОБ ОПЫТЕ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ДИСТАНЦИОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ В НАУЧНОЙ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ»

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены цели и результаты обучения аспирантов по дисциплине «Дистанционные образовательные технологии и электронные средства обучения в научной и образовательной деятельности» с использованием модульной объектно-ориентированной среды дистанционного обучения Moodle.

ВВЕДЕНИЕ

Принятие Федерального Закона ФЗ №273 от 29.12.2012 «Об образовании в Российской Федерации» наметило широкие перспективы применения дистанционных образовательных технологий (ДОТ) и электронных средств обучения в образовательной деятельности на всех уровнях подготовки выпускников. В связи с этим предполагается расширение практики внедрения дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ любых уровней обучения, форм получения образования и видов учебных занятий. Современный уровень внедрения ДОТ предполагает как традиционную организацию обучения студентов в группах, так и совершенствование индивидуальных траекторий обучения в рамках реализации элективных дисциплин в структурах образовательных программ. Разрабатываемые информационно-образовательные, информационно-методические и учебно-исследовательские ресурсы по дисциплинам в форме электронных учебно-методических комплексов все шире должны интегрироваться в информационно-образовательные ресурсы вуза. Широкие возможности для этих целей представлены в модульной объектно-ориентированной среде дистанционного обучения Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment, версия 2.6.1+) [1].

В междисциплинарной автоматизированной системе обучения (АСО) кафедры компьютерно-интегрированных систем в химической технологии (КИС ХТ) РХТУ им. Д.И. Менделеева [2], размещенной на выделенном сервере <http://cis.muctr.ru/alk> реализуется интегрированная система обучения и контроля знаний, предназначенная для подготовки бакалавров, магистрантов и аспирантов по различным направлениям и программам в соответствии с требованиями федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО). В настоящее время на сайте осуществляется реали-

зация информационно-образовательных ресурсов по дисциплинам, преподаваемым бакалаврам и магистрантам. Для обучения аспирантов всех направлений подготовки научно-педагогических кадров университета реализуются ресурсы элективной дисциплины «Дистанционные образовательные технологии и электронные средства обучения в научной и образовательной деятельности».

1. ЦЕЛЬ И НАПРАВЛЕННОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины является обучение аспирантов знаниям, умениям и навыкам использования дистанционных образовательных технологий и электронных средств обучения в педагогической и научно-исследовательской деятельности. Дисциплина направлена на формирование общепрофессиональных компетенций (ОПК) в соответствии с ФГОС ВО направлений подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, таких как:

- владение культурой научного исследования, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2 во ФГОС 09.06.01, 18.06.01, 20.06.01 и других);
- готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-8 во ФГОС 09.06.01), ОПК-6 во ФГОС 18.06.01, ОПК-5 во ФГОС 20.06.01 и т.п.).

Кроме того, изучение данной дисциплины направлено на реализацию требований раздела VII «Требования к условиям реализации программы аспирантуры», п. 7.1.2: «Электронная информационно-образовательная среда организации должна обеспечивать проведение всех видов занятий, процедур оценки результатов обучения, реализация которых предусмотрена с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий», т.е. аспирант, освоивший данный курс, должен быть готов к реализации учебного процесса с использованием электронных информационно-образовательных ресурсов вуза.

В результате изучения дисциплины аспирант должен знать:

- требования ФГОС об использовании интерактивных форм обучения и требования к применению электронных средств обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ высшего образования;

- возможности инновационных информационных технологий обучения и дистанционных образовательных технологий для создания и реализации электронных образовательных ресурсов, компьютерных средств обучения, информационно-образовательных ресурсов в составе электронных учебно-методических комплексов (УМК) на основе информационных и интернет-технологий;

- структуру электронных учебно-методических комплексов;

- методы, средства и системы дистанционного обучения для организации процесса обучения с использованием информационно-образовательных и информационно-методических ресурсов электронных УМК;

- функциональные возможности модульной объектно-ориентированной среды дистанционного обучения Moodle для создания информационно-образовательных ресурсов по учебным дисциплинам и особенности организации процесса обучения и контроля знаний с использованием данной среды.

Дисциплина имеет практико-ориентированный характер. В результате ее изучения аспирант должен уметь:

- разрабатывать информационно-образовательные и информационно-методические ресурсы (лекции, задания на практические и лабораторные работы, глоссарии основных понятий, определений, библиографических источников) для электронных УМК;

- разрабатывать банки тестовых заданий для формирования тестов текущего, промежуточного и рубежного контроля знаний для последующей реализации в среде дистанционного обучения Moodle;

- проводить анализ результатов обучения с использованием возможностей среды дистанционного обучения Moodle (интерактивности обучающихся при подготовке к контрольным точкам, результативности самостоятельной подготовки к сдаче промежуточного и рубежного контроля).

Аспирант должен владеть практическими навыками реализации информационно-образовательных ресурсов электронных УМК и организации проведения различных видов занятий: групповых (практических и лабораторных работ) и индивидуальных (консультаций) и самостоятельной подготовки с использованием электронных образовательных ресурсов в системе Moodle.

2. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ КУРСА И ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТА «ТЕСТ»

Для реализации данного курса подготовлены 15 компьютерных презентаций интерактивных лекций, включающих 880 слайдов, глоссарий основных понятий, терминов и определений, банк тестовых заданий, включающий 83 вопроса. При

создании банка тестовых заданий вопросы были распределены по четырем категориям:

- основные понятия и определения электронных средств обучения (16 вопросов);

- реализация информационно-образовательных ресурсов в среде дистанционного обучения Moodle (22 вопроса);

- элементы контроля знаний в среде дистанционного обучения Moodle (27 вопросов);

- элементы и ресурсы в среде дистанционного обучения Moodle (18 вопросов).

На основе этого банка вопросов сформированы шесть тестов самоконтроля знаний, включающих от 12 до 18 вопросов. Для прохождения тестов самоконтроля предусмотрено 5 попыток, отсутствует ограничение по времени выполнения теста и штрафы за каждую последующую попытку. Тест рубежного контроля знаний формируется из вопросов всех категорий случайным образом и включает 20 вопросов. В настройках теста рубежного контроля задана одна попытка и ограничение по времени 45 минут. Тест оценивается на десятибалльной шкале.

Для анализа сложности тестов самоконтроля знаний аспирантам была предоставлена таблица для экспертного оценивания на шестибалльной шкале, где 1 — очень легкий вопрос, 2 — легкий вопрос, 3 — вопрос средней сложности, 4 — сложный вопрос, необходимы хорошие знания материала, 5 — очень сложный вопрос, 6 — исключительно сложный вопрос [2].

В среднем каждый аспирант прошел тесты самоконтроля не менее двух раз. Средние экспертные оценки 24 экспертов показали, что все тесты близки к уровню средней сложности. Наиболее сложный тест 1 (2,84 балла), наиболее простой тест 5 (2,46 балла). Кроме того, при составлении таблицы экспертных оценок в разделе «Примечание» аспиранты должны были написать замечания и пожелания по тестовым заданиям (формулировкам вопросов, формам их представления в системе, выявленные грубые ошибки и опечатки и т.п.). Для организации совместной интерактивной работы экспертные оценки аспирантов оперативно были размещены в системе с использованием ресурса «Папка». Выявленные грубые ошибки и опечатки были оперативно исправлены до включения данных вопросов в тест рубежного контроля, ряд замечаний аспирантов остаются спорными и субъективными, отдельные замечания будут учтены при последующей модификации курса для следующих потоков аспирантов.

С использованием статистических методов, используемых в среде системы дистанционного обучения Moodle проведен анализ результатов сдачи созданных тестов самоконтроля и рубежного контроля с целью исследования эффективности организации самоподготовки аспирантов к выполнению теста рубежного контроля по курсу

накануне сдачи зачета и определения достаточности банка тестовых заданий. Определены индексы легкости, рассчитанные в среде Moodle для разных типов вопросов, включенных в тесты самоконтроля, и средние индексы легкости за тест, которые составили от 74 до 88, что вполне соответствует экспертным оценкам, выставленным ранее аспирантами, т.е. тесты не являются сложными, за исключением отдельных вопросов. Интересно также отметить, что средние оценки (процент правильного выполнения заданий аспирантами), полученные за первые попытки, составили от 57,63 до 77,82%, тогда как средние оценки последних попыток оказались значительно выше: от 74,20% до 86,42%. Это свидетельствует об эффективной самостоятельной подготовки аспирантов. Проанализировано распределение и частота повторяемости вопросов из банка тестовых заданий в итоговом тесте. В целом по рассмотренному курсу наблюдается следующая повторяемость: в тест рубежного контроля случайным образом попало 260 вопросов, из них 4,6% попали аспирантам 1 раз, 10,7% — 2 раза, 21,9% — 3 раза, 30,7% — 4 раза, 13,5% — 5 раз, 6,9% — 6 раз, 5,4% — 7 раз, 6,2% — 8 раз. Таким образом, в большинстве случаев наблюдается повторяемость вопросов от 2 до 5 раз. Случайное формирование теста обеспечивает уникальный тест для каждого аспиранта. На основе проведенного анализа сделан вывод о достаточности банка тестовых заданий.

График распределения количества аспирантов, получивших оценки за тест рубежного контроля в различных диапазонах, представлен на рис. 1.



Рис. 1. График распределения количества аспирантов, получивших оценки за тест рубежного контроля в различных диапазонах

Как видно из рисунка, 6 аспирантов получили оценки в диапазоне от 9,5 до 10 баллов, по 5 аспирантов в диапазонах от 8,5 до 9 и от 9 до 9,5 баллов, по 3 аспиранта получили оценки в диапазонах 5,5—6, 7,5-8 и 8—8,5 баллов, по од-

ному аспиранту в диапазонах 6,5—7 и 7—7,5 баллов. Средняя оценка за итоговый тест составила 8,42 балла. Времени, отведенного на выполнение итогового теста, всем аспирантам оказалось достаточно.

3. ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТА КУРСА «СЕМИНАР»

Другой формой интерактивного взаимодействия аспирантов в рамках изучения данного курса являлась подготовка тематического реферата в области дистанционных образовательных технологий и электронных средств обучения или выполнение обучаемыми самостоятельных практических заданий, связанных с реализацией основных структурных элементов электронных учебно-методических комплексов по учебным дисциплинам, преподаваемым в РХТУ им. Д.И. Менделеева в среде дистанционного обучения Moodle. При этом аспирантам была организована консультативно-методическая помощь преподавателя и разработчиков сайта.

Для совместного обсуждения рефератов преподавателем дисциплины и аспирантами-сокурсниками были настроены элементы курса «Семинар» для 2 потоков аспирантов.

Настройки семинара проводятся поэтапно и включают фазы: настройки; предоставления работ; оценивания работ преподавателем и сокурсниками; вычисления оценок за активность проверки и оценивания работ сокурсников и закрытия.

Аспиранты получают две оценки за семинар — оценку за свою работу и баллы за оценивание работ сокурсников. Оценка за работу определяет максимальную оценку, которая может быть получена за представленные работы преподавателем и сокурсниками. Оценка за оценивание работ определяет максимальную оценку, которая может быть получена за оценивание работы сокурсников, т.е. за активность и компетентность оценивания других работ. Для каждой из оценок используется шкала от 0 до 100 баллов. Эти две оценки рекомендуется устанавливать так, чтобы суммарная оценка была равна 100 баллам, например, оценка за работу 80 баллов и за оценивание работ 20 баллов или в другой шкале, но приблизительно в тех же соотношениях. В качестве параметров оценивания было задано совокупное оценивание.

Процесс оценки сокурсников и понимание формы оценки осуществлялось на основе материалов примеров, подготовленных преподавателем и предоставленных аспирантам. Оценка проводится по трем критериям. Необходимо выставить оценки в каждой шкале (высокая, средняя, низкая). Высокая оценка от 51 до 100 баллов, средняя от 21 до 50 баллов, низкая от 0 до 20 баллов. Заметим, что верхние границы крите-

риев задаются преподавателем и могут быть различными для семинаров различной сложности и обсуждаемых рецензируемых участниками с различными целями.

Оценка выставляется преподавателем и выбранными случайным образом или назначенными сокурсниками–рецензентами. Каждый оценивает работу независимо. В режиме совокупной оценки учитываются все три критерия, оценка рассчитывается как среднее арифметическое от дробных оценок (оценка, выставленная по критерию /максимально возможная по данному критерию), умноженное на высшую оценку в шкале по первому (высокому) критерию. Аспирантам предоставляется возможность оценить одну или несколько работ своих сокурсников.

В фазе представления работ преподаватель может начинать проверку представленных работ и выбрать из рекомендуемых системой вариант распределения работ на проверку сокурсникам. Предусмотрены 3 варианта: ручное распределение, случайное и плановое. У каждого аспиранта, записанного на курс, имеется информация о состоянии выполнения работы и о рецензируемых участниках. Предусмотрены возможности распределения по группам, по количеству рецензий одному участнику – до 30; по авторам или рецензентам. Можно также удалить текущие распределения и предоставить возможность оценивания работ других участников до предоставления своей работы, включить или отключить самооценки.

Метод планового распределения автоматически распределяет представленные работы для оценивания в конце фазы предоставления. Конец фазы может быть задан параметром семинара «Окончание срока представления». Метод случайного распределения выполняется с предварительно заданными параметрами. Важно отметить, что если в семинаре используется режим «Доступные группы» или «Изолированные группы», то пользователи должны быть участниками хотя бы одной группы, чтобы однокурсники могли оценить их работы.

В фазе оценивания видна деятельность всех участников, представивших работы к установленному сроку, оценки, выставленные препода-

вателем и другими аспирантами, а также оценки работ, проверенных данным аспирантом. В этой фазе исследуется активность работы аспиранта, насколько ответственно, внимательно и квалифицированно он подошел к рецензируемой работе. В процессе появления новых оценок рецензентов оценка за семинар пересчитывается. Окончательные расчеты проводятся в фазе оценивания оценок. После закрытия семинара оценки исправлению не подлежат и будут вынесены в журнал оценок по курсу. Таким образом, совместная работа аспирантов по обсуждению и рецензированию рефератов с использованием элемента курса «Семинар» способствует: самостоятельному изучению новых материалов по рассматриваемому курсу; приобретению первоначальных навыков рецензирования учебных и научных работ; приобретению навыков совместной работы в среде дистанционного обучения Moodle.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опыт реализации дисциплины «Дистанционные образовательные технологии и электронные средства обучения в научной и образовательной деятельности» аспирантам первого года обучения показал следующее:

- 1) заинтересованность аспирантов в освоении современных методов, средств и технологий организации образовательного процесса;
- 2) эффективность использования преподавателем интерактивных форм обучения аспирантов;
- 3) обоснованное включение данной дисциплины в качестве элективной в рабочие учебные планы подготовки аспирантов и направленность ее на повышение мотивационной готовности к преподавательской деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Модульная** объектно-ориентированная среда дистанционного обучения Moodle [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://moodle.org/> – загл. с экрана. Дата обращения: 07.11.2015г.
2. **Интеллектуальная** автоматизированная система обучения на основе информационных и интернет-технологий / А.В. Дементенко, А.Ф. Егоров, Л.А. Запасная и др. // Открытое образование. 2014. № 5 (106). С. 80—92.

T.V. Savitskaya

savitsk@muctr.ru

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow

EXPERIENCE OF TEACHING THE DISCIPLINE «DISTANCE LEARNING TECHNOLOGIES AND ELECTRONIC EDUCATION MEANS IN THE SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL ACTIVITY»

SUMMARY

The aims and results of training post-graduate students for the discipline "Distance learning technologies and electronic education means in the scientific and educational activities" using a modular object-oriented distance learning environment Moodle have been considered.

СОЗДАНИЕ БАНКА ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ В СРЕДЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ MOODLE ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ ПО НАДЁЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены особенности реализации различных типов вопросов в системе Moodle 2.6, в том числе вычисляемых. Рассмотрены особенности использования данного типа вопроса для проверки знаний по надёжности технических систем.

ВВЕДЕНИЕ

Появление новых технологий, проектирование и эксплуатация промышленного оборудования большой единичной мощности представляют собой потенциальный риск промышленных аварий и их негативных последствий для здоровья людей и состояния окружающей среды. В связи с этим возникает необходимость предотвращения возникновения аварий на оборудовании и установках промышленных производств за счет снижения различных видов отказов. Поэтому большое внимание при профессиональной подготовке выпускников технических вузов уделяется обучению студентов знаниям, умениям и навыкам анализа производственных опасностей, связанных с надёжностью оборудования и установок производственных объектов.

1. ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ БАНКОВ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ

Для повышения эффективности и качества подготовки студентов, организации выполнения лабораторных работ, самостоятельной подготовки, промежуточного и рубежного контроля знаний разрабатываются информационно-образовательные и учебно-исследовательские ресурсы, функционирующие в составе Междисциплинарной автоматизированной системы обучения (АСО) <http://cis.muctr.ru/alk>, реализованной в модульной объектно-ориентированной среде Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment (Moodle) 2.6 на кафедре компьютерно-интегрированных систем в химической технологии (КИС ХТ) ФГОУ ВПО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» [1—2].

Для обучения теоретическим знаниям в рассматриваемой предметной области по ряду дисциплин подготовки бакалавров и магистров в системе реализованы компьютерные конспекты лекций и организованы справочно-информационные ресурсы, предоставляющие доступ к ГОСТам и нормативным документам, регламен-

тирующим деятельность в области надёжности технических систем.

Для проверки знаний студентов в рамках направления или профиля в междисциплинарной АСО целесообразно реализовать тесты самоконтроля, промежуточного и рубежного контроля знаний в рамках учебного курса, а тесты для проверки знаний к итоговому междисциплинарному экзамену реализуются в системе, используя единый «Банк тестовых заданий».

В среде Moodle разделены понятия «Банк тестовых заданий» и «Тест». Банк тестовых заданий содержит все вопросы данного курса, позволяет структурировать и управлять большим количеством вопросов, предоставляет возможность доступа к вопросам из опубликованных категорий других курсов. «Тест» является элементом курса или системы, с которым непосредственно работает пользователь, и содержит конкретный набор тестовых вопросов. В зависимости от целей тестирования в системе Moodle предусмотрена гибкая система настроек.

Банк тестовых заданий может содержать в себе реализацию таких видов вопросов, как эссе, числовой ответ, вычисляемый, множественный выбор, на соответствие, вложенные ответы и другие.

Рассмотрим далее основные особенности реализации в «Банке тестовых заданий» наиболее часто используемых типов вопросов из вышеперечисленных.

2. РЕАЛИЗАЦИЯ ВОПРОСОВ НА СООТВЕТСТВИЕ

Вопросы на соответствие имеют область содержимого и список названий или предложений, которые должны быть корректно сопоставлены с другим списком названий или предложений. Например, к представленным с номерами 1—4 понятиям:

- 1) вероятность безотказной работы по статистическим данным об отказах;
 - 2) вероятность отказа по статистическим данным;
 - 3) интенсивность отказов по статистическим данным;
 - 4) частота отказов по статистическим данным.
- Сопоставьте определения, представленные ниже:

- отношение числа отказавших изделий в единицу времени к среднему числу изделий, исправно работающих в данный отрезок времени;

- отношение количества работающих элементов за время t к общему количеству элементов в начале испытаний;

- отношение числа отказавших элементов в единицу времени к числу работающих элементов при условии, что вышедшие из строя изделия не восстанавливаются;

- отношение числа отказавших элементов за время t к общему количеству элементов в начале работы.

При реализации вопроса необходимо указать название вопроса, внести текст вопроса, правильный вариант ответа (сопоставления) и максимальное число баллов за вопрос. Также есть функция перемешивания вариантов признаков «вопрос/ответ» и установка штрафов за неверный ответ.

Каждый подвопрос (признак) имеет одинаковый вес при внесении вклада в оценку за вопрос в целом. Например, в приведенном выше примере можно включить дополнительные неправильные ответы, создав ответ на пустой вопрос. Так, студент, который корректно сопоставит 3 из 4 возможных сопоставлений, получит 3/4 или 75 % от суммарного возможного накопленного балла за этот вопрос. Штраф за каждую неправильную попытку применяется, когда вопрос используется в тесте с адаптивным режимом, т.е. там, где студенту позволены множественные попытки ответить на вопрос или даже внутри одной и той же попытки выполнить тест несколько раз. Если штраф больше 0, студент будет терять заданную долю от максимальной оценки при каждой успешной попытке. Например, если оценка за вопрос равна 5 и штрафной коэффициент равен 10 %, тогда каждая успешная попытка после первой будет подвергаться штрафу из $0,1 \cdot 5 = 0,5$ баллов.

3. РЕАЛИЗАЦИЯ ВОПРОСОВ С ВЛОЖЕННЫМИ ОТВЕТАМИ

Вопросы с вложенными ответами состоят из текстов определения, который имеет различные варианты ответов, встроенные внутрь него (определения), в том числе с множественным выбором, краткими ответами и числовыми ответами:

- краткие ответы (SHORTANSWER_C) — вариант должен совпадать посимвольно;

- числовые ответы (NUMERICAL) — вариант ответа должен быть представлен в формате числа с указанием погрешности;

- множественный выбор (MULTICHOICE), представляется в виде выпадающего списка в строке текста вопроса или (MULTICHOICE_V) в вертикальной колонке переключателей или (MULTICHOICE_H) в виде горизонтальной строки переключателей.

Реализация вопроса с вложенными ответами аналогична реализации вопроса на соответствие. Отличие только в том, что в тексте вопроса вложенные ответы необходимо оформить, используя элементы гипертекстового языка разметки HTML во встроенном редакторе HTML-кода.

Структура каждого подвопроса «вложенный выбор» идентична и приводится ниже:

С фигурной скобки «{» начинается ввод вложенного ответа. Далее указывается количество баллов для каждого вложенного ответа, которое используется для расчёта оценки за вопрос. Затем указывается «:SHORTANSWER», что определяет тип подвопроса с вложенным ответом. Определение заключается в двоеточие с обеих сторон (как показано дальше в примере).

Знаки:

~ является разделителем опций ответа;

= отмечает правильный ответ;

отмечает начало (по желанию) сообщения обратной связи;

} завершает подвопрос с вложенным ответом

фигурной скобкой.

Пример такого типа вопроса, включающего 5 подвопросов множественного выбора, представлен ниже.

Компьютерная система проектирования — {1:MULTICHOICE:логико~=человеко}-машинная система, включающая комплекс методического, {1:MULTICHOICE:физического~=математического ~химического}, информационного, программно-технического и организационного обеспечения, предназначенного для {1:MULTICHOICE:=автоматизации~механизации} всего процесса {1:MULTICHOICE:=проектирования~построения ~ программирования} объекта, начиная с подготовки технического задания на проект и заканчивая подготовкой полного комплекта {1:MULTICHOICE :нормативной~ =технической ~технологической} документации на проект.

На рис. 1 представлен интерфейс готового вопроса в режиме разработчика, где на стадии настройки вопроса возможна его проверка на правильность. Так при проверке было выбрано три правильных ответа и два неправильных, поэтому из 5 возможных баллов система рассчитывает правильную оценку равную 3 баллам.

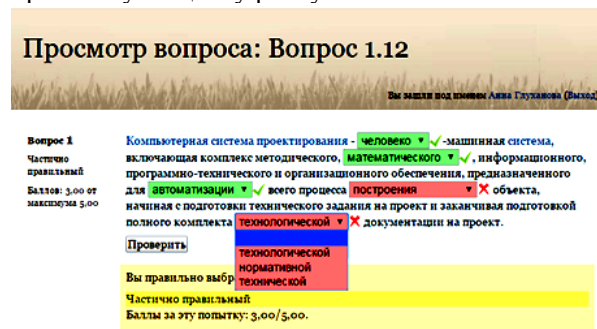


Рис. 1. Просмотр вопроса в режиме разработчика

4. РЕАЛИЗАЦИЯ ВОПРОСОВ МНОЖЕСТВЕННОГО ВЫБОРА

В системе Moodle имеются два типа вопросов множественного выбора: с единственным ответом и с множественными ответами.

Вопросы с единственным ответом позволяют выбрать один и только один ответ с помощью переключателей, расположенных рядом с ответами. При реализации необходимо поставить в процентном соотношении от максимального количества баллов оценки за каждый представленный вариант ответа: нулевые оценки за неправильные ответы, максимальную отметку за правильный ответ;

Вопросы с выбором множества ответов (рис. 2) позволяют выбрать несколько вариантов ответа посредством предоставления окошек-флажков рядом с ответами. Выбор каждого признака ответа может принести положительную или отрицательную оценку, так что выбор всех вариантов ответа не приведет к максимальному баллу за вопрос, если ряд признаков имеют отрицательные оценки. Если суммарная оценка отрицательная, то итоговая оценка за этот вопрос будет равна нулю.

На представленном рис. 2 видно, что при прохождении вопроса выбран один правильный и один неправильный вариант ответа и часть правильных признаков не отмечена. Так как был выбран один правильный вариант, то происходит начисление баллов (частичная оценка 1,67 за данный вопрос).

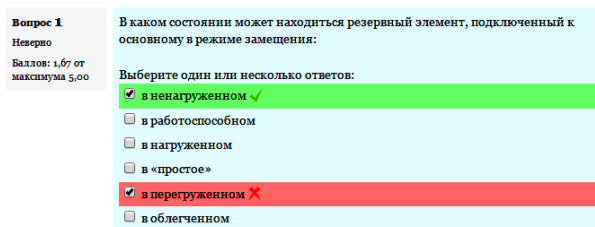


Рис. 2. Интерфейс вопроса с множественными ответами

5. РЕАЛИЗАЦИЯ ВОПРОСОВ ТИПА «ВЫЧИСЛЯЕМЫЙ»

Самым сложным и трудоемким вопросом из всех вышеперечисленных является вопрос типа «Вычисляемый». Он создается при помощи шаблонов подстановки разных числовых значений из заданного интервала. В качестве шаблонов выбираются переменные, как одинарные — j , так и составные — ji , обязательно заключенные в фигурные скобки — $\{j\}$, $\{ji\}$ [3]. При выполнении этого вопроса, средой дистанционного обучения Moodle случайным образом выбираются и предлагаются студенту значения указанных шаблонов подстановки и проводится оценка ответа, с использованием результата вычисления по формуле правильного ответа. Формула правильного ответа — это шаблон, в который при каждом тестирова-

нии подставляются случайные значения. Эти значения выбираются случайным образом из предварительно определённого набора данных диапазона возможных значений. Это позволяет контролировать выбор возможных значений, например для того чтобы убедиться в корректности полученных результатов.

Эти наборы данных могут быть частными или общего пользования. Частные наборы данных используются одним шаблоном подстановки внутри одного вычисляемого вопроса; общие наборы данных используются одним шаблоном внутри всех вычисляемых вопросов курса или в системе. Однако при работе над банком тестовых вопросов нескольких пользователей (преподавателей, разработчиков курса) использование общих наборов предварительно сгенерированных данных может привести к противоречиям в системе и неправильной подстановке в некоторые шаблоны вопросов.

При наборе формулы правильного ответа используются как обычные алгебраические операции, так и некоторые математические функции языка PHP такие, как \exp — экспонента, \log_{10} — логарифм с основанием 10, pow — возведение в произвольную степень, floor — округление дроби в сторону уменьшения, \sin — синус и другие. Также необходимо учесть, что в системе для реализации представленного ниже вопроса необходимо все выражения свести в одной формуле.

При настройке вычисляемого вопроса необходимо выбрать и задать погрешность (относительная, номинальная или геометрическая), формат (указать количество знаков после запятой), единицы измерения, если это требуется. Пример реализации в системе вычисляемого вопроса представлен ниже.

Текстовая формулировка вопроса: «Определить вероятность безотказной работы системы (P_c) из 4 элементов с постоянным подключением и отдельным резервированием пар элементов. Все элементы в системе имеют одинаковую вероятность безотказной работы: $P_i = \text{const}$.

Решение осуществляется путем преобразования представленного ниже.

$$P_c = (1 - (1 - P_i)^2)^2 = P_i^2 (2 - P_i)^2 .$$

При реализации в системе Moodle данного вопроса в формулировке необходимо указать погрешность равную 0,0001, то есть ответ нужно округлить до 4-го знака после запятой и задать вероятность безотказной работы элементов через подстановочный символ $P_i = \{z\}$. Необходимо выбрать тип погрешности, для данного вопроса — это относительная погрешность. Относительная погрешность используется, если величина правильного ответа может сильно отличаться при

различных значениях, подставленных в формулу, например в 1,5 раза. Далее в настройках задается необходимость использования нового частного набора данных и что этот набор не надо синхронизировать с другими. Далее необходимо указать диапазон значений для подстановочного знака, так как это вероятность, то указываем от 0,01 до 0,99, также задаём равномерное распределение случайных чисел в заданном диапазоне и выбираем число наборов вариантов подстановочных знаков, равное 10, что позволяет одновременно настраивать несколько случайных шаблонов вариантов подстановочных знаков, после чего вопрос считается созданным.

Формула ответа для реализации в системе Moodle выглядит следующим образом:

$$\text{pow}(\{z\}, 2) \text{ pow}((2 - \{z\}), 2).$$

На рис. 3 представлен конечный вид реализованного вопроса в банке тестовых заданий и проверка правильности его настройки. Это необходимо разработчику, так как он должен обязательно проверить возможные допущенные ошибки в таких настройках, как диапазон значений, тип погрешности, шаблонов подстановки. Видно, что при представлении вопроса в качестве подстановочного знака случайным образом выбрано значение вероятности безотказной работы равно 0,5. При расчете по формуле ответа в системе с заданной погрешностью при нажатии на кнопку «Проверить» система проверяет правильность и определяет баллы за данный вопрос. В рассматриваемом примере ответ дан правильно. Следует отметить, что необходимо вводить ответ с заданной точностью, иначе он не будет засчитан. Также у студента при прохождении итогового теста не будет кнопки «Проверить», как показано на рис. 3, результаты он сможет узнать только после прохождения всех вопросов теста.

В банке тестовых заданий в междисциплинарной АСО по курсам «Методы синтеза многоасортиментных экологически чистых химических производств» и «Компьютерные системы проектирования химических производств» реализовано 94 тестовых вопроса представленных выше ти-

пов, также 18 тестов самоконтроля и 4 теста промежуточного контроля. Был проведен анализ распределения и количества попаданий вопросов из банка тестовых заданий в тесты рубежного контроля.

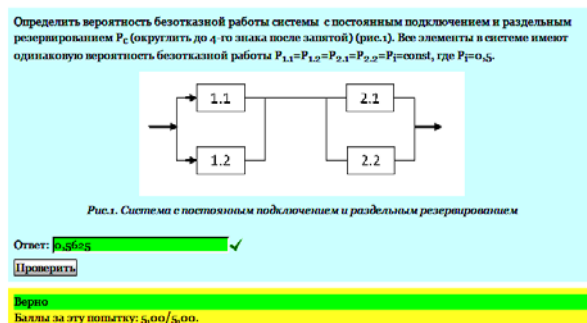


Рис. 3. Просмотр созданного вопроса

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренный в настоящем докладе опыт реализации различных видов тестовых заданий в среде дистанционного обучения Moodle для проверки знаний по проблемам надежности технических систем и использования их в тестах самоконтроля, промежуточного и рубежного контроля знаний будет полезен для подготовки студентов вузов по другим техническим дисциплинам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савицкая Т.В., Дементенко А.В., Никитин С.А., Егоров А.Ф. Новые возможности объектно-ориентированной среды дистанционного обучения Moodle для инженерной подготовки выпускников вузов // Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования» ИНФОРИНО-2014. М.: Изд-во МЭИ, 2014. С. 415—418.
2. Интеллектуальная автоматизированная система обучения на основе информационных и интернет-технологий / А.В. Дементенко, А.Ф. Егоров, Л.А. Запасная и др. // Научно-практический журнал «Открытое образование». М.: Изд-во МЭСИ, 2014. С. 80—92.
3. Moodle.org: open-source community based tools for learning. [Электронный ресурс]: URL; <https://moodle.org/> – загл. с экрана (дата обращения: 10.11.2015).

T.V. Savitskaya, A.A. Glukhanova, A.F. Egorov

savitsk@muctr.ru, sharikanna1997@gmail.com, egorov@muctr.ru
D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow

CREATION OF THE TEST BANK IN THE DISTANT LEARNING SYSTEM MOODLE FOR CHECKING STUDENTS KNOWLEDGE ON RELIABILITY OF TECHNICAL SYSTEMS

SUMMARY

The features of the implementation of various types of questions in the Moodle 2.6, including calculated. Consider the features of the use of this type of question to test the knowledge of the reliability of technical systems are discussed.

А.В. Трофимов

TrofimovAV@mpei.ru

ФГБОУ ВО Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва

ТЕХНОЛОГИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСТАНЦИОННОГО КУРСА «АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ»

АННОТАЦИЯ

Представлен опыт разработки курса дистанционного обучения основам организации автоматизированных систем управления электротехническим оборудованием электростанций и подстанций. Основная задача при создании курса — «виртуализация» работы с реальным оборудованием и программным обеспечением. Курс построен на базе учебного полигона кафедры «Электрические станции» МЭИ, оснащённого современными микропроцессорными программно-техническими комплексами. Дается описание объекта изучения и структуры курса. Рассматривается технология организации дистанционного обучения.

ВВЕДЕНИЕ

В рамках программы развития НИУ МЭИ на кафедре «Электрические станции» в 2011 был создан учебно-исследовательский полигон для изучения принципов организации автоматизированных систем управления электротехническим оборудованием (АСУ ЭТО) электростанций и подстанций [1]. Полигон оснащён современными микропроцессорными средствами защиты и управления, представляющими собой интеллектуальные электронные устройства (ИЭУ); реальным первичным оборудованием; физическими и математическими моделями. На фотографии (рис. 1) показана компоновка щитовых устройств с ИЭУ и серверная стойка.

На базе полигона было разработано большое количество методических материалов [2–4], позволившее организовать обучение АСУ ЭТО как для студентов МЭИ, так и для специалистов отрасли в рамках центра переподготовки.



Рис. 1. Техническое обеспечение полигона

Важной особенностью при изучении курса является то, что учащиеся работают не с «учебным», а с реальным промышленным программным обеспечением и оборудованием различных производителей. Вырабатывается комплексное понимание функционирования АСУ ЭТО от схемотехнических решений до разработки программ.

Потребности специалистов-энергетиков нашей страны обусловили актуальность разработки дистанционного курса по АСУ ЭТО. При этом основной задачей было сохранить в заочном курсе те преимущества, которые давало взаимодействие с реальным оборудованием и программным обеспечением полигона. Курс рассчитан на мотивированного слушателя, который на платной основе получает знания, необходимые ему в производственной деятельности.

1. СТРУКТУРА АСУ ЭТО

Объектом управления является электроустановка, состоящая из распределительных устройств различных уровней напряжения. Основой АСУ ЭТО является программно-технический комплекс (ПТК), оборудование которого в соответствии со сложившимися подходами можно условно разделить на два уровня.

К верхнему уровню (уровню подстанции) относятся средства хранения и представления информации; средства локальной вычислительной сети; автоматизированные рабочие места (АРМ) оперативного персонала, службы РЗА, инженера службы АСУ, обслуживающего и эксплуатационного персонала.

К нижнему (полевому) уровню относятся устройства, которые непосредственно связаны с объектом управления. С их помощью обеспечивается сбор информации и выдача команд управления, необходимые для функционирования подсистем и реализации всех функций АСУ ТП. На нижнем уровне используется набор специализированных или многофункциональных ИЭУ. Информация от всех перечисленных устройств и подсистем поступает на верхний уровень посредством цифровых сетей.

Успешное и эффективное функционирование АСУ ЭТО определяется заложенным в неё прикладным программным, информационным и алгоритмическим обеспечением. Важной частью

учебного процесса является изучение общих принципов их разработки.

Как видно из структуры АСУ ЭТО, разработку прикладного программного обеспечения АСУ ТП можно условно разделить на несколько частей.

Для программирования верхнего уровня, необходимого для организации АРМ оперативного персонала, используются SCADA-системы (Supervisory Control and Data Acquisition), включающие набор средств для создания пользовательского интерфейса.

Для программирования микропроцессорных устройств защит и управления ИЭУ используются специализированные программные средства от производителей. Программирование контроллеров в большинстве современных ПТК ведется на специализированных технологических языках программирования стандарта МЭК 61131-3.

Для цифрового обмена в настоящее время используется большое количество ИЭУ, поддерживающих различные стандарты цифровых протоколов (МЭК 61850, MODBUS, МЭК 60870-5-101/104), поэтому средства АСУ ТП верхнего уровня должны поддерживать различные протоколы.

2. РАЗДЕЛЫ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

В рамках курса осуществляется комплексное и взаимопроникающее изучение следующих разделов.

- Микропроцессорные устройства защит и управления для различных видов присоединений. Входные и выходные сигналы. Реализуемые функции.

- Конструктивное исполнение ИЭУ. Модули УСО. Цифровые интерфейсы.

- Реализация вторичных цепей для различных видов присоединений в виде щитовых устройств. Проектно-конструкторская документация (принципиальные и монтажные схемы).

- Организация цифровых сетей. Сетевые коммутаторы Ethernet. Оптические и медные связи. Сеть на основе RS-485. Преобразователи интерфейсов. Сервера сбора и обработки информации. Стандарт МЭК 61850.

- Программный инструмент конфигурирования интеллектуального устройства защиты и управления.

- Основные функции в системе наблюдения и управления SCADA: осуществление интерфейса человек-машина; обработка событий и аварийных сигналов; выполнение расчетов и выдача отчетов; реализация автоматического управления.

- Разработка системы управления. Формирование базы данных переменных. Организация связи с ИЭУ. Создание пользовательского интерфейса.

Рисунки 2 и 3 иллюстрируют комплексный подход на примере управления простейшим присоединением. На рис. 2 приведена принципиальная схема и её конструктивная реализация. На рис. 3 показана конфигурация ПТК, фрагмент программы контроллера и мнемосхема для управления присоединением в рамках среды разработки.

3. СТРУКТУРА ЭЛЕКТРОННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО РЕСУРСА

В состав учебных материалов входят:

- видеоуроки по всем разделам курса, позволяющие в концентрированной и наглядной форме изложить основное содержание (всего более 30 уроков, в среднем по 10 минут);

- учебные и методические материалы в виде электронных книг, содержащих подробное описание содержания курса, последовательность выполнения лабораторных работ;

- дистрибутивы базового программного обеспечения (демонстрационные версии) для скачивания и установки на персональные компьютеры слушателей;

- примеры прикладного программного обеспечения, обеспечивающего функционирование ПТК АСУ ЭТО;

- проектно-конструкторская документация на оборудование полигона, позволяющая подробно изучить конструктивную реализацию промышленных технических решений;

- контрольные вопросы для организации тестирования по всем разделам курса;

- технологическая карта и календарный план прохождения курса.

Организационно прохождение курса осуществляется в рамках системы дистанционного обучения «Прометей». Однако большой объём и разнообразие информационных ресурсов делают целесообразным их размещение в разных «хранилищах».

«Прометей» обеспечивает базу для обучения (календарный план, тесты, контроль прохождения курса). В библиотеке «Прометей» хранится технологическая карта курса, в которой наряду со сведениями по изучаемым материалам каждого раздела курса (какие видеоуроки нужно посмотреть, какие разделы методических материалов изучить, какие лабораторные работы выполнить), даются ссылки на источники, откуда эти материалы можно «скачать».

Видеоуроки размещены на видеохостинге YouTube (канал «Обучение АСУ ЭТО»), что позволяет снять проблему хранения больших объёмов данных, обеспечивает удобные средства просмотра и организации. При подготовке видеоурков использовались:

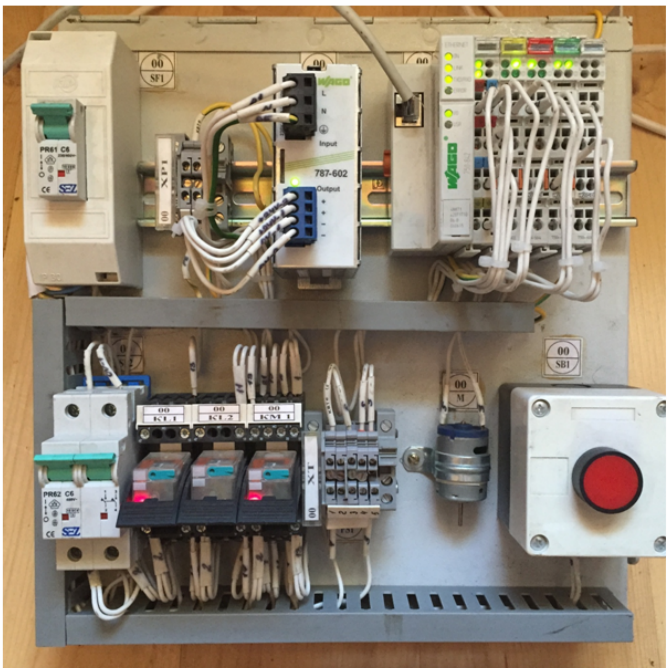
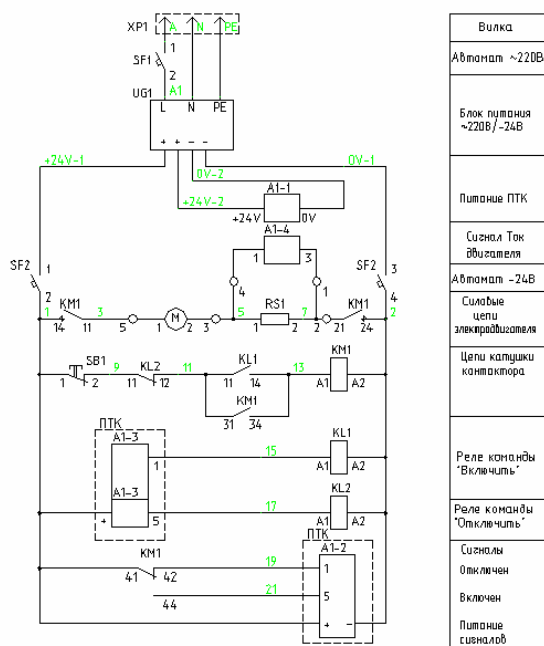


Рис. 2. Принципиальная схема и её реализация

Рис. 3. Программирование и конфигурирование ПТК

- презентации с большим количеством демонстрационного материала, позволяющие сопоставить схмотехнические решения с их аппаратной реализацией;

- демонстрация работы с программным обеспечением, ускоряющая их освоение при проведении лабораторных работ;

- видеозаписи работы оборудования.

Учебные и методические материалы в виде электронных книг, дистрибутивы базового программного обеспечения, примеров прикладного программного обеспечения, проектно-конструкторской документации расположены в облаке и могут быть скачаны слушателем.

После скачивания дистрибутивов демонстрационные версии программного обеспечения должны быть установлены на компьютере слушателя для выполнения лабораторных работ. Важной особенностью программного обеспечения для программирования и конфигурирования АСУ ЭТО является возможность работы в режиме имитации (без непосредственного подключения к реальному «железу»). Это позволяет создавать в рамках лабораторных работ «живые» программы управления оборудованием, используя для его имитации простые программные модели.

Следует отметить, что после первичной подготовки и запуска курса контролирующие материалы фактически определяют рентабельность его проведения. Если для оценки освоения использовать в тестах вопросы типа «Развёрнутый ответ», то время проверки может оказаться значительным, поэтому было принято решение делать тесты по принципу выбора правильных ответов для автоматической оценки. Тесты разрабатывались так, чтобы простой ответ требовал понимания процесса и предварительных рассуж-

дений. Например, для ответа на вопрос «По состоянию светодиодов (см. рис.2) определить, в каком состоянии находится электродвигатель (включён или отключён)» слушатель должен знать: как выглядит оборудование, конфигурацию контроллера (где и какие модули ввода-вывода), схему установки (на какой вход подключён соответствующий сигнал).

Другой элемент контроля – отчёты по лабораторным работам. Они представляют собой работающие проекты в рамках соответствующей среды разработки. Поэтому для их проверки достаточно загрузить проект в среду разработки, нажать на кнопку и убедиться, что всё работает.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренный дистанционный курс по основам АСУ ЭТО позволяет получить специалистам-электроэнергетикам практические компетенции в области автоматизации электрических станций и подстанций в заочной форме.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусев Ю.П., Поляков А.М., Трофимов А.В. Учебно-исследовательский полигон АСУ электроустановок // Энергоэксперт. 2011. № 3. С. 54—58.
2. Трофимов А.В. Управление электродвигателями собственных нужд в АСУ электроустановок: учебное пособие. М.: Издательский дом МЭИ, 2011. 112 с.
3. Трофимов А.В., Поляков А.М. Основы организации микропроцессорных автоматизированных систем управления технологическими процессами электроустановок: учебное пособие. М.: Издательство МЭИ, 2015. 128 с.
4. Гусев Ю.П., Поляков А.М., Трофимов А.В. Методическое и техническое обеспечение для обучения АСУ электротехническим оборудованием подстанций // Энергоэффективность и энергосбережение. 2013. № 3. С. 31—34.

A.V. Trofimov

TrofimovAV@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

TECHNOLOGY OF REALIZATION OF DISTANCE LEARNING COURSE «AUTOMATED CONTROL SYSTEMS OF ELECTRICAL POWER STATIONS AND SUBSTATIONS EQUIPMENT»

SUMMARY

Presented the experience of the development of the distance learning course focused on the basics of the organization of automated control systems of electrical equipment of power stations and substations. The main pursued purpose during course creation was the "visual simulation" of real equipment and software. The course based on the basis of the educational center of the Department "Electric stations", equipped with modern microprocessor-based program-technical complexes. Given a description of the object of study and course structure. The technology of distance learning is discussed.

РАЗВИТИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА «МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА»

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён дальнейшему развитию удаленного доступа к лабораторным установкам и результатам использования лабораторного комплекса в учебном процессе. Работа дистанционного комплекса рассматривается на примере новой лабораторной работы «Опытное определение показателя адиабаты воздуха».

ВВЕДЕНИЕ

Система дистанционного управления экспериментом [1] кафедры общей физики и ядерного синтеза (ОФиЯС) МЭИ обеспечивает возможность доступа учащихся через Интернет к стендам автоматизированной учебной лаборатории в многопользовательском режиме реального времени.

В соответствии с Соглашением между НИУ «МЭИ» и Департаментом образования города Москвы, на кафедре ОФиЯС разработан электронный образовательный ресурс (ЭОР) по термодинамике и молекулярной физике для учащихся вузов и школ с удаленным доступом через Интернет к экспериментальным установкам НИУ «МЭИ» [2]. Учащиеся имеют возможность подготовиться к работе, используя её компьютерную модель, ответить на контрольные вопросы и, получив доступ к управлению установкой, выполнить измерения в реальном масштабе времени на реальном физическом объекте, представить экспериментальный материал в виде таблиц и графиков.

В периоды сентябрь — ноябрь 2014 года и сентябрь — ноябрь 2015 зарегистрировано свыше 50 тысяч посещений ЭОР через Интернет. С электронным ресурсом ознакомились и работали свыше 2000 пользователей, в основном школьного возраста.

1. ОПИСАНИЕ СТРУКТУРЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА

Автоматизированный дистанционный лабораторный комплекс предназначен для обеспечения доступа учащихся к изучению и выполнению лабораторных работ по разделу «Молекулярная физика и термодинамика». В состав комплекса в настоящее время входят четыре лабораторные работы:

- лабораторная установка «Определение теплопроводности воздуха методом нагретой нити»;

- лабораторная установка «Определение удельной теплоёмкости воздуха при постоянном давлении методом протока»;

- проверка температурной шкалы Кельвина (газовый термометр постоянного объема);

- опытное определение показателя адиабаты воздуха.

Кроме выполнения перечисленных лабораторных работ комплекс может быть использован при изучении отдельных тем курсов, связанных с автоматизацией теплотехнических измерений, управлением экспериментом и промышленной автоматикой.

Система дистанционного управления экспериментом (СДУЭ) обеспечивает:

- изучение теории, применяемой методики экспериментального определения физических величин и выполнение работы на виртуальной модели лабораторной работы;

- изучение порядка работы на реальной установке с дистанционным доступом;

- допуск к работе по контрольным вопросам;

- выполнение работы и регистрацию измеренных величин;

- обработку экспериментальных данных.

СДУЭ соответствует разработанной в НИУ «МЭИ» концепции автоматизированного лабораторного практикума удаленного доступа [3]. Лабораторные работы выполняются многими учащимися с использованием одного экземпляра оборудования. Результаты экспериментов передаются на компьютеры, с которых учащиеся управляют оборудованием. На компьютерах учащихся размещаются программно-методические средства подготовки заданий, обработки экспериментальных данных, имитационного моделирования, подготовки отчетов, информационные материалы по теории изучаемых объектов, средства проверки знаний.

2. АППАРАТНЫЕ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА

Комплекс содержит основные компоненты структуры дистанционной лаборатории [1]: главный сервер, дистанционную учебную лабораторию, компьютерный класс, специализированное программное обеспечение. В состав программного обеспечения входят: программа сбора данных и управления приборами лабораторных установок, интегрированная в модульную объектно-

ориентированную систему дистанционного обучения LMS Moodle; программа для администрирования работы удалённых пользователей; программа учета и оценки выполненных лабораторных работ. Созданный электронный образовательный ресурс (ЭОР) [1,2] состоит из пяти интерактивных лекций по термодинамике и молекулярной физике, описаний четырёх лабораторных работ, компьютерных моделей лабораторных работ, программ управления установками с удалённым доступом, видеороликов, поясняющих порядок выполнения измерений на установках с удалённым доступом, интерактивных тестов. Доступ учащегося к выполнению отдельных элементов лабораторной работы открывается при выполнении им одного или нескольких условий. Так для получения доступа к выполнению теста необходимо ознакомиться с описанием лабораторной работы, для выполнения работы на компьютерной модели необходимо верно ответить на вопросы теста. Доступ к панели дистанционного управления лабораторной установкой возможен при успешном выполнении всех элементов данной лабораторной работы.

Интерактивные обучающие программы ЭОР поддерживаются в среде веб-сайта с адресом <http://surface.mpei.ac.ru>, который управляется модульной объектно-ориентированной системой LMS Moodle.

Сервер построен на базе ОС Windows с дополнительным пакетом программ для Web приложений (Apache, MySQL, PHP, LMS Moodle). Взаимодействие с установками через веб-интерфейс выполняется при помощи средств платформы LabView 10 [1].

Лабораторный комплекс «Молекулярная физика и термодинамика» выполнен в соответствии с технологией, применяемой в промышленной автоматике НПФ «ОВЕН». Взаимодействие пользователей с установками через веб-интерфейс выполняется посредством специализированных модулей платформы LabView.

Для наблюдения за ходом проведения экспериментов реализована веб-трансляция изображений лицевых панелей лабораторных установок. Веб-трансляция изображений установок осуществляется с помощью IP-видеокамер типа TrendNet TV-IP501w и TV-IP522p. Конфигурация локальной сети НИУ «МЭИ» скорректирована таким образом, что каждой видеокамере предоставляется глобальный IP-адрес. С помощью программ-скриптов видеопоток от видеокамер транслируется пользователю с соответствующих страниц ЭОР. Вид страницы сайта <http://surface.mpei.ac.ru/> с веб-трансляцией изображений лицевых панелей лабораторных установок представлен на рис. 1.



Рис. 1. Скриншот страницы сайта <http://surface.mpei.ac.ru/>, предоставляющей доступ к веб-трансляции изображений лицевых панелей лабораторных установок

В качестве примера конструкции и работы автоматизированного лабораторного практикума удалённого доступа рассмотрим лабораторную установку «Опытное определение показателя адиабаты воздуха». Схема установки представлена на рис. 2. Основными элементами установки являются: баллон 1, изготовленный из стекла; быстродействующий электромагнитный клапан 2; компрессор 3, предназначенный для создания избыточного давления воздуха в баллоне 1; пьезоэлектронный манометр 4, служащий для измерения избыточного давления воздуха в баллоне 1; электромагнитный клапан 5 для отключения баллона 1 от компрессора 3. Все процессы происходят с некоторой массой газа 6, мысленно выделенной внутри объема баллона и находящегося вдали от стенок и клапана. Установка размещена в стандартном модуле (рис. 3). Баллон с газом и электромагнитным клапаном, а также компрессор расположены внутри модуля.

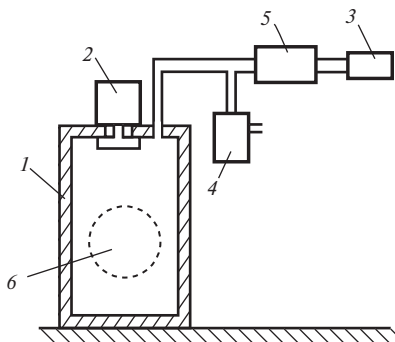


Рис. 2. Принципиальная схема установки «Опытное определение показателя адиабаты воздуха»

Проведя экспериментально и анализируя процесс адиабатного расширения воздуха (метод Клемана и Дезорма), можно определить значение показателя адиабаты при комнатной температуре.



Рис. 3. Внешний вид установки «Опытное определение показателя адиабаты воздуха»

В исходном состоянии давление воздуха в баллоне равно атмосферному давлению, а температура равна температуре окружающей среды (точка A на рис. 4). Давление в системе повышается с помощью компрессора, при этом выделенный объем воздуха b в баллоне (рис. 2) сжимается и его температура становится выше температуры окружающей среды. Условно этот процесс можно представить на зависимости $p(V)$ в виде пунктирной кривой $A-B$ (рис. 4). После автоматического закрытия электромагнитного крана 5 происходит процесс изохорного охлаждения воздуха до температуры окружающей среды T_0 (процесс $B-I$). При этом давление воздуха уменьшается, что фиксируется по уменьшению избыточного давления в системе и уменьшению температуры воздуха в баллоне. Этот процесс занимает одну минуту. О его окончании судят по стабилизации показаний пьезоэлектронного манометра 4. Таким образом система приведена к начальному состоянию с давлением p_1 выше атмосферного и температурой T_1 , равной температуре окружающей среды T_0 (комнатная температура) (точка I на графике $p(V)$).

По показаниям приборов записывают избыточное давление p' . После нажатия кнопки управления клапаном 2 (на внешней панели экспериментальной установки либо на интерфейсе панели дистанционного управления установкой) клапан 2 кратковременно открывается и автоматически закрывается (время открытия клапана 2 равно 0,2 с). Происходит процесс адиабатного расширения воздуха. При этом температура газа уменьшается, давление также уменьшается до

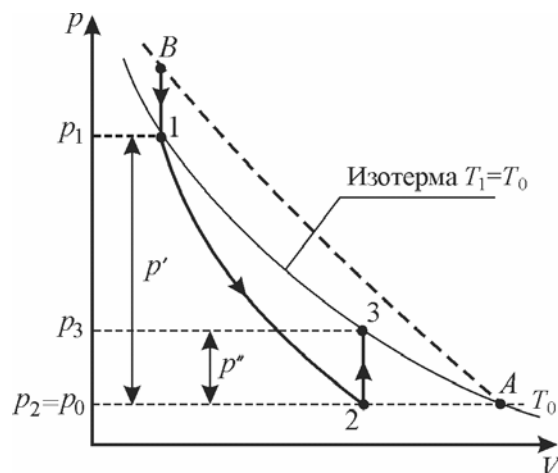


Рис. 4. Процессы, происходящие с выделенной массой газа в ходе эксперимента

атмосферного значения (процесс 1—2). Поскольку время открытия клапана достаточно мало, то клапан закрывается не позже окончания адиабатного процесса расширения воздуха в атмосферу (состояние 2). После закрытия клапана начинается процесс изохорного нагрева воздуха до комнатной температуры T_0 , при этом давление начнет возрастать (процесс 2—3). Дождавшись окончания этого процесса, записывают значение избыточного давления p'' . Показатель адиабаты γ рассчитывается по формуле

$$\gamma = \frac{p'}{p' - p''},$$

где p' и p'' — избыточные давления воздуха в баллоне перед началом адиабатического расширения и в конце последующего изохорического нагрева соответственно.

3. ОСОБЕННОСТИ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКОЙ

Для дистанционного управления лабораторной установкой необходимо скачать RunTime – модуль LabView по ссылке «Необходимый модуль LabView» на странице курса ЭОР. На странице курса ЭОР выбирается строка с названием лабораторной работы, например «Определение показателя адиабаты γ воздуха, дистанционная лабораторная работа». На появившемся интерфейсе панели управления экспериментальной установкой (рис. 5) имеется кнопка «Накачка», нажатием на кнопку включается компрессор. Нагнетание воздуха продолжается до тех пор, пока показания измерителя избыточного давления в верхнем окне дисплея не достигнет 2000—2500 Па. После этого компрессор автоматически отключается с помощью реле, управляемого специально разработанной программой. На рис. 5 показание измерителя избыточного давления равно 606,98 Па. Это показание дублируется положением горизонтальной линии, ограничиваю-

щей синее поле, относительно шкалы линейки. При нажатии кнопки «Сброс» открывается быстродействующий электромагнитный клапан с проходным диаметром 25 мм и начинается процесс адиабатного расширения воздуха в атмосферу до давления p_0 . Через время 0,2 с твердотельное реле автоматически закроет клапан. При этом температура воздуха в баллоне вместимостью 8 л уменьшается на 1—2 градуса. Значения температуры воздуха в баллоне выводятся на дисплей панели дистанционного управления установкой. Температура воздуха измеряется с помощью термомпары, размещенной внутри баллона.

Далее наблюдается процесс изохорного нагрева воздуха до температуры окружающей среды, окончание которого соответствует стабилизации показаний измерителя избыточного давления. Время проведения эксперимента не превышает три минуты. После нажатия кнопки «Записать результат в таблицу» значение показателя адиабаты C_p/C_v выводится на дисплей панели дистанционного управления установкой (рис. 5).

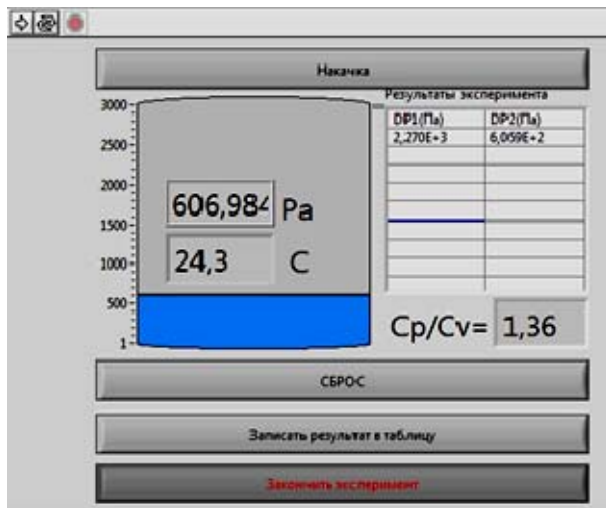


Рис. 5. Панель дистанционного управления лабораторной установкой «Опытное определение показателя адиабаты воздуха»

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основными направлениями информатизации инженерного образования являются изучение и

S.D. Fedorovich, P.P. Scherbakov, S.P. Scherbakov, M.V. Lukashevsky

FedorovichSD@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

DEVELOPMENT OF THE REMOTE LABORATORY COMPLEX «MOLECULAR PHYSICS AND THERMODYNAMICS»

SUMMARY

The report is devoted to further development of technical realization of remote access to laboratory installations and results of use of a laboratory complex in educational process. Work of a remote complex is considered on the example of new laboratory work "Experimental definition of an indicator of an adiabatic curve of air".

применение компьютерных средств обработки числовой, графической и текстовой информации, автоматизация проектирования, проведения инженерных расчетов и экспериментальных исследований. Особенность дистанционного обучения в инженерном образовании состоит в необходимости применения автоматизированных лабораторных практикумов удалённого доступа к реальному оборудованию по компьютерным сетям [3]. Рассмотренный в докладе автоматизированный дистанционный лабораторный комплекс «Молекулярная физика и термодинамика» представляет собой логическое продолжение развития лабораторного комплекса по курсу общей физики кафедры ОФиЯС НИУ «МЭИ», содержащего около шестидесяти лабораторных работ на реальных установках, две трети из которых дополнены соответствующей компьютерной моделью. Технология преподавания курса общей физики с использованием электронного учебно-методического комплекса в учебной лаборатории была отмечена дипломом Всероссийского выставочного центра (ВДНХ) в 2011 году. Экспозиция «Автоматизированный дистанционный лабораторный комплекс «Молекулярная физика и термодинамика» была представлена на 16-м Всероссийском форуме «Образовательная среда» (2014 г., Москва, ВДНХ). По результатам конкурса экспозиция отмечена медалью «Лауреат ВВЦ».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федорович С.Д., Щербаков П.П., Щербаков С.П., Агеев А.Г. Автоматизированный дистанционный лабораторный комплекс «Молекулярная физика и термодинамика» //Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования» — ИНФОРИНО-2014 (Москва, 15—16 апреля 2014 г.). М.: Изд-во МЭИ, 2014. С. 381—384.
2. Федорович С.Д., Щербаков П.П., Лукашевский М.В. Электронный образовательный ресурс с удаленным доступом к экспериментальным установкам «НИУ «МЭИ» // Материалы Международной школы-семинара «Физика в системе высшего образования» (Москва, 2015 г.). М.: АПР. 2015. С. 247—248.
3. Информатизация образования: направления, средства, технологии / Под общ. ред. С.И. Маслова. М.: Издательство МЭИ, 2004.

НЕПРЕРЫВНЫЙ ИНТЕРНЕТ-КОНТРОЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОТ УМНОЙ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ РТП-34 НИУ «МЭИ»

АННОТАЦИЯ

Рассматривается фрагмент образовательной программы на базе комплексной системы непрерывного контроля текущих параметров качества (ТПКЭ) и показателей качества (ПКЭ) электрической энергии трансформаторной подстанции РТП34 НИУ «МЭИ» с использованием этих параметров в учебном процессе через Интернет.

В узловых точках РТП-34 осуществляются измерения электрических параметров на высокой стороне – 10 кВ (12 напряжений, 42 тока) и низкой стороне – 0,4 кВ (15 напряжений, 99 токов). По измеренным мгновенным значениям напряжений и токов трех фаз рассчитываются значения полной и активной мощностей, параметры качества электрической энергии и ряд других параметров в соответствии с ГОСТ 30804.4.30-2013. Производится спектральный анализ напряжений и токов до сороковой гармоники. Вычисляется вклад отдельных гармоник в уровень дополнительных потерь с помощью специального вычислителя вклада гармоник. Обсуждается эффективность активного фильтра.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в области традиционной электроэнергетики произошли существенные изменения, связанные с внедрением новых технологий в образовательную инфраструктуру. К ним можно отнести активное применение силовой электроники, IT-технологий, повышенное внимание к электросбережению, разработка подходов по созданию «умных сетей» (Smart Grid), интеграция в традиционную систему электроснабжения возобновляемых источников энергии и многое другое. Происходит взаимное проникновение новых концепций в энергетике, информационных и телекоммуникационных технологиях. Намечается создание энергетических систем следующего поколения – интеллектуальных силовых сетей.

В соответствии с концепцией Smart Grid формируется Технологическая платформа «Интеллектуальная энергетическая система России». В рамках этой платформы можно выделить ряд направлений развития технологий Smart Grid. В частности, интеллектуализация электроэнергетики ставит задачи:

- создания «умных» измерительных приборов и устройств для подстанций, обеспечивающих учет и управление электропотреблением одновременно с непрерывным мониторингом и контролем качества электрической энергии в стационарных и переходных режимах;

- разработки принципов и построение интеллектуальных распределительных трансформаторных подстанций 10/0,4;

- формирования концепции и апробации фрагментов интеллектуальной энергетики в форме MicroSmartGrid на базе отдельных энергосетевых структур, расположенных на небольшой территории (например, сеть электроснабжения микрорайона МЭИ);

- внедрения концепции Smart Grid в учебный процесс.

В НИУ «МЭИ» в течение последних 15 лет ведутся работы по направлению «Электросбережение и повышение эффективности электроэнергетики и электропотребителей» на основе внедрения элементов интеллектуальной энергетики на объектах Москвы.

К настоящему времени накоплен уникальный материал в области решений интеллектуализации электроснабжения ведущих телерадиокомпаний России.

Разработаны и выпускаются малыми сериями два типа интеллектуальных приборов контроля качества: «Магистр DM-306М» и «Магистр-430 КЭ». На основе этих приборов реализовано более 20 локальных систем электроснабжения «Micro Smart Grid», выполнен пилотный проект по применению интеллектуальной трансформаторной подстанции РТП-34 НИУ «МЭИ» в учебном процессе.

1. СПЕЦИФИКА СОВРЕМЕННЫХ НАГРУЗОК

В вопросах электроснабжения и электросбережения Россия подошла к определенному качественному рубежу, связанному с изменением характера потребления электрической энергии в соответствии с современными тенденциями мировой практики.

В мировой практике сформированы две тенденции, связанные с потреблением электрической энергии:

1. Снижение уровня потребления электроэнергии в трехфазных сетях с линейными нагрузками 6—10 кВ и повышение уровня потребления в однофазных сетях 0,4 кВ. Так, в структуре потребления ЭЭ в США уровень потребления электрической энергии 0,4 кВ частным и коммерческим сектором составляет 73 %, а при напряжении 6—10 кВ доля промышленного сектора составляет 27 % (рис. 1) [1].

2. Активное внедрение элементов силовой электроники в сетях низкого напряжения привело к резкому увеличению высших гармоник тока и ухудшению качества электрической энергии.

На рис. 2 представлена тенденция роста нелинейных нагрузок в сетях 0,4 кВ, из него следует, что в настоящее время более 95 % всех нагрузок являются нелинейными.

Источниками ухудшения качества ЭЭ стали учреждения, жилые дома, школы, больницы и т.д., в основном из-за управляемых однофазных выпрямительных устройств: компактных люминесцентных и светодиодных ламп, офисного оборудования, бытовой техники, импульсных источников питания, установленных в ТВ, ЭВМ.

Частный сектор	Коммерч. Сектор	Промышленность
Низкое напряжение (0,4 кВ)	Низкое напряжение (0,4 кВ)	Среднее напряжение (3-10кВ)
37 %	36%	27%

Рис. 1. Структура потребления электрической энергии в США [1]



Рис. 2. Рост нелинейных нагрузок в сетях 0,4 кВ

Исторически активное внедрение силовой электроники началось в начале 60-х годов: внедрение частотного регулирования, переход на импульсные источники питания, активное внедрение ЭВМ в офисное оборудование, в бытовую технику, включая компактные люминесцентные лампы.

К 80-м годам высшие гармоники тока в электрических сетях 0,4 кВ впервые были признаны серьезной проблемой в США, а затем в Европе и Японии. Это было связано с массовым распространением ИТ - технологий.

Известно, что практически во всех современных технических средствах присутствует преобразователь напряжения переменного тока т.е. так называемый «вторичный источник питания» (ВИП). Как правило, ВИП — это одна из разновидностей источников постоянного тока. Из-за преобразователя переменный ток сети 50 Гц становится несинусоидальным, а появление высших гармоник в современных сетях 0,4 кВ в основном определяется несовершенством ВИП.

На рис. 3 представлен принцип и идеализированная модель работы электронного ключа S , по-

ясняющая возникновение высших гармоник тока в устройствах силовой электроники. В зависимости от состояния ключа S ток в цепи может иметь разные формы. После разложения в ряд Фурье несинусоидальный ток нагрузки $i_n(t)$ может быть представлен в виде суммы токов гармоник 1,3,5,7.

Для сопоставления и удобства сравнения токов разной формы выбрано действующее значение $I_{rms} = 100A$.

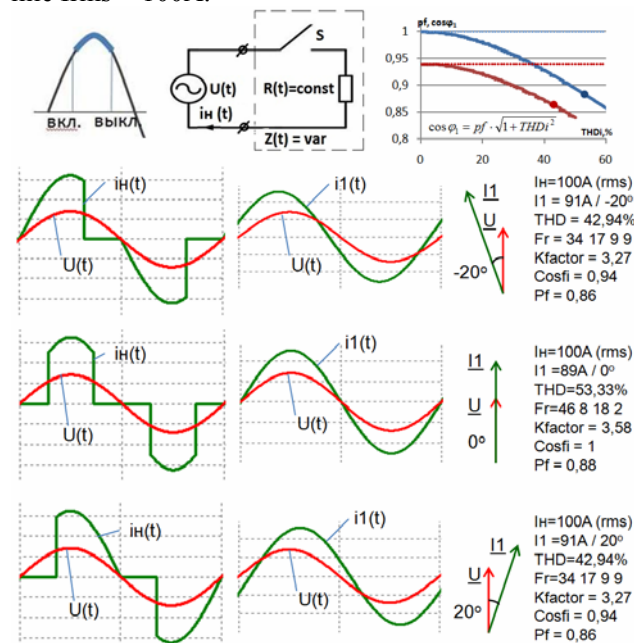


Рис. 3. Возникновение высших гармоник и дополнительных потерь в современных сетях

Несмотря на отсутствие в цепи реактивных элементов, между первой гармоникой тока $i_1(t)$ и напряжением $u(t)$ для разных форм тока появляются разные фазовые сдвиги. Сдвиг может быть опережающим (емкостным), нулевым (резистивным) или отстающим (индуктивным) в зависимости от моментов коммутации ключа S .

В компактных люминесцентных лампах и светодиодных светильниках первая гармоника тока, как правило, опережает первую гармонику напряжения. В устройствах диммерного (тиристорного) регулирования света первая гармоника тока отстаёт от первой гармоники напряжения.

Известно, что трансформаторные подстанции 10/ 0,4 кВ, как правило, предназначены для электроснабжения линейных нагрузок при условии, что суммарный коэффициент нелинейных искажений K_i , ($THDi$) не превышает 3—8 %. Оценку влияния несинусоидальности тока на условия эксплуатации трансформаторов можно произвести по различным методикам, одной из которых, в соответствии с [2], является понятие K -фактора нагрузки (рис. 4):

$$K\text{-factor} = \sum (I_h)^2 h^2. \quad (1)$$

В результате из-за несинусоидальности нагрузки существенно снижается нагрузочная способность трансформатора и появляются дополнительные потери. Снижение нагрузочной способности может достигать 50 % номинальной мощности.

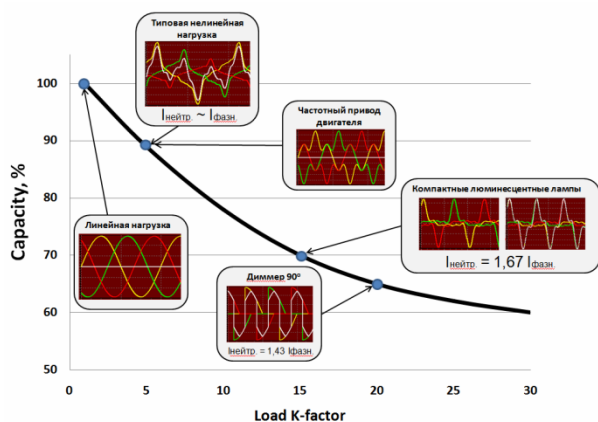


Рис. 4. Зависимость нагрузочной способности трансформатора от величины K -фактора нагрузки

2. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС

Основой мониторинга РТПЗ4 МЭИ является информационно-измерительный комплекс систем электроснабжения (ИИКСЭ), состоящий из децентрализованных, синхронизированных внешним эталоном времени средств измерения с дистанционным доступом через Интернет помощью веб-технологий [4,5].

Анализаторы качества электроэнергии «МАГИСТР DM-306», «МАГИСТР-430 КЭ», анализаторы состояния коммутационных аппаратов «МАГИСТР DM-312» и программный продукт ИИКСЭ включены в государственный реестр средств измерений России.

Методы измерений показателей качества электрической энергии в анализаторе «МАГИСТР-430 КЭ» соответствуют ГОСТ 30804.4.30-2013 [3].

3. ИНТЕРНЕТ-КОНТРОЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

На рис. 5 представлена экранная форма режима подавления высших гармоник тока активным фильтром, предназначенным для снижения уровня искажения синусоидальности тока в кабеле и силовом трансформаторе. Из рис.3 следует, что при несинусоидальной форме тока косинус угла сдвига между током и напряжением первой гармоники может быть близок или равен 1, однако из-за несинусоидальности общий коэффициент мощности pf существенно отличается от 1:

$$\cos \varphi_1 = pf \sqrt{1 + THDi^2} . \quad (2)$$

В соответствии с (2), при $THDi$ менее 5 % можно считать $\cos \varphi_1$ примерно равным pf .

Исходный $THDi$ определяется видом реальных нагрузок и составляет примерно 25—30 %. Активный фильтр понижает уровень THD до 3—4 %. Ток в нейтральном проводе зависит от дисбаланса по первой гармонике и от наличия гармоник, кратных трём. Из данных рис. 5 следует, что в двух основных силовых элементах — в трансформаторе и на рабочем участке силового кабеля — произошло снижение коэффициента искажения тока ($THDi$) по каждой фазе примерно в 5 раз и, соответственно, увеличение коэффициента мощности $\cos \varphi_1$ для первой гармоники.

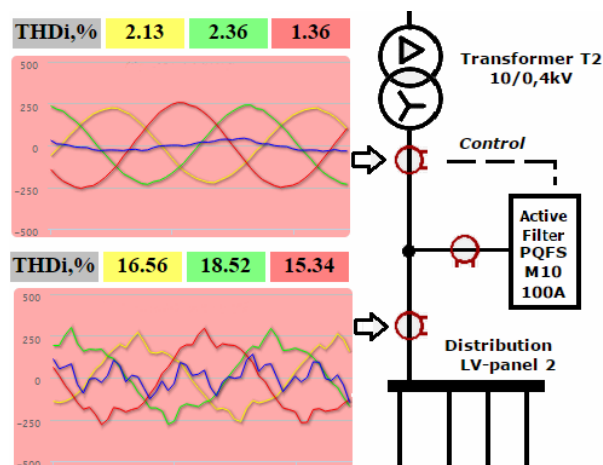


Рис. 5. Подавление высших гармоник тока активным фильтром

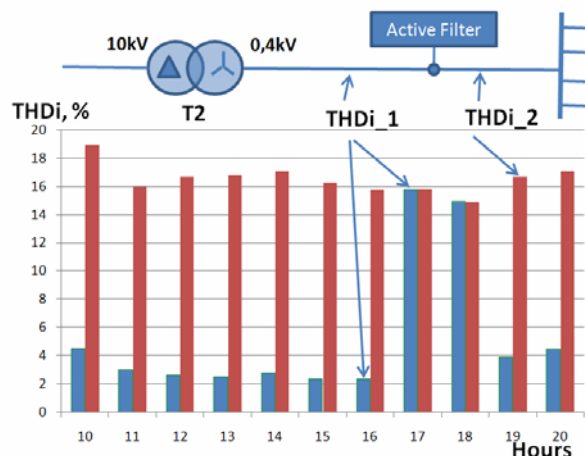


Рис. 6. Уровни $THDi$ до и после активного фильтра за сутки 29.04.2015. Для наглядности фильтр был выключен с 16:00 до 18:00

На рис. 7 показаны графики активных мощностей на высокой и на низкой стороне силового трансформатора. Вычитанием одного графика из другого можно определить чистые потери активной мощности в трансформаторе. Сравнивая потери мощности с потерями мощности другого трансформатора, где не установлен активный фильтр, можно провести инструментальную и экономическую оценку электросбережения.

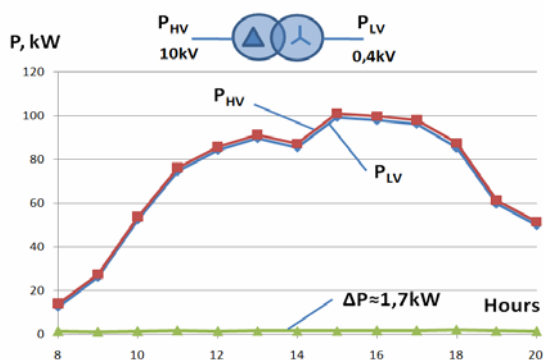


Рис. 7. Активные потери в трансформаторе Т2, РТП-34 МЭИ, 22.04.2015

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Измерительный комплекс позволяет производить оценку реальных потерь в линиях электропередач и силовых трансформаторах и обеспечить инструментальный контроль энергосбережения.

Совокупность параметров ИИКСЭ можно рассматривать в качестве дополнительного инструмента

L.L. Khruslov, V.A. Shishov, M.V. Rostovikov; S.I. Kireev

KhruslovLL@mpei.ru; 0226mof@rambler.ru; shish16@mail.ru; rostomv@mail.ru
National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

NON-STOP WEB-BASED MONITORING OF THE EFFECTIVENESS OF POWER SUPPLY FROM SMART TRANSFORMER SUBSTATION RTP-34 MPEI

SUMMARY

On the working distribution transformer substation 7000kVA RTP-34 at Moscow Power Engineering Institute (MPEI), there is a comprehensive system for online-monitoring of electric power quality parameters using these parameters in the educational process via the Internet.

At common coupling points RTP-34 measure electrical parameters on the high side — 10kV (12 voltages, 42 currents) and low side - 0.4 kV (15 voltages, 99 currents). The measured instantaneous values of voltages and currents of the three phases are calculated values of the total and active power, quality factors and other parameters according to IEC 61000-4-30:2015 standard. Performed spectral analysis of voltage and current harmonics up to the fortieth. Evaluated the contribution of individual harmonics in the level of additional losses in the phase and neutral conductors is done by special “harmonic calculator”. Monitoring system allows to calculate the additional losses in the power transformer. The effectiveness of the active filter is discussed.

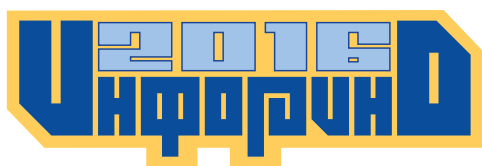
для анализа стационарных и аварийных процессов распределённых энергетических систем.

Измерительный комплекс РТП-34 доступен через Интернет по адресу <http://www.magistr.tv/demo>

Мониторинг является общедоступным для образовательного процесса, студенты могут в реальном времени наблюдать, получать и обрабатывать данные по электроснабжению реальных объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Heidel T., Kassakian J., Schmalensee R.** Policy challenges and technical opportunities on the U.S. electric grid // IEEE Power & Energy magazine. may/june 2012. P. 30—37.
2. **ANSI/IEEE C57.110-2008.**
3. **ГОСТ 30804.4.30—2013**
4. **Khruslov L., Rostovikov M., Shishov V.** Web-based Power Quality Monitoring System at RTP-34 MPEI // Conference «Metrology and metrology assurance — 2014». (September 7—11 2014. Sozopol, Bulgaria).
5. **Khruslov L., Rostovikov M., Shishov V.** Web-based Power Quality Monitoring System of Smart Transformer Substation RTP-34 MPEI for engineering education // Conference «ELEKTROENERGETIKA 2015». (September 16—18, 2015. Stara Lesna, Slovakia).



Секция 5

**ЭЛЕКТРОННЫЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ
В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ**

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён разработке электронной базы данных учебно-методических материалов по направлениям подготовки специалистов высшего образования, предназначенной для дистанционного применения в образовательном процессе. Комплекс состоит из ряда компьютерных программ на языке PHP, обеспечивающих ряд уровней доступа к учебным материалам: администратор, преподаватель, обучающийся. Одним из элементов комплекса являются авторские компьютерные программы для тестирования знаний на языке Visual Basic в среде Excel и на языке PHP в среде Internet. Приводится пример создания базы данных учебно-методических материалов для решения задач информатизации инженерного образования в НИУ «МЭИ».

ВВЕДЕНИЕ

Одним из простых и доступных для преподавателя и обучающегося вариантов электронного обучения являются размещение учебно-методических материалов по изучаемой дисциплине в базе данных учебно-методических материалов (БД УММ) и организация удалённого доступа к ним преподавателей и студентов.

Важнейшими особенностями базы данных, содержащей электронные версии учебно-методических материалов, является их доступность и универсальность. Электронная база данных не только предоставляет обучающие ресурсы пользователю-студенту, но и открывает разработчикам возможности для развития и совершенствования существующих дисциплин, а также для разработки и хранения новых дисциплин по новым направлениям подготовки специалистов. Использование базы данных позволяет легко наращивать систему и обеспечивать обучение по индивидуальным учебным планам для каждого студента.

1. СТРУКТУРА БАЗЫ ДАННЫХ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ (БД УММ)

Структура БД УММ позволяет выполнять хранение, быстрый поиск, копирование, редактирование, удаление и добавление любых учебно-методических материалов дисциплин (рабочая учебная программа, лекционный материал, глоссарий, лабораторный практикум, список учебной литературы, методические разработки и др.) или их составных частей в децентрализованном виде, что позволяет индексировать все элементы УММ и упрощает их поиск, редактирование и обновление.

В комплексе содержатся авторские компьютерные программы для тестирования знаний на языке Visual Basic в среде Excel и на языке PHP в среде

Internet. Особенностью программ является их простота и доступность для применения пользователями среднего уровня компьютерной подготовленности. Приводится пример создания базы данных учебно-методических материалов для решения задач информатизации инженерного образования в национальном исследовательском университете МЭИ.

База данных даёт возможность преподавателю, имеющему санкционированный доступ от Главного администратора базы, используя материалы БД УММ, дорабатывать, перерабатывать или создавать новые по объёму и содержанию варианты дисциплин, приспособляя их под цели и задачи конкретных условий обучения. Разработанные им материалы могут быть размещены в соответствии с определёнными процедурами и сохранены в БД УММ для дальнейшего использования в процессе электронного обучения. Таким образом, БД УММ постоянно актуализируется и пополняется учебно-методическими материалами обновлённых и новых дисциплин.

Студенту предоставляется санкционированный доступ к учебно-методическим материалам конкретной дисциплины в качестве пользователя для изучения без права внесения в них каких-либо изменений или удаления.

Преподаватели и студенты не имеют возможности удалять какую-либо информацию, содержащуюся в БД УММ. Таким правом обладает только Главный администратор БД УММ.

Для удобства пользования БД УММ она имеет простые, понятные и удобные интерфейсы пользователя и разработчика учебно-методических материалов. Основными критериями оценки пользовательского интерфейса являются:

- простота освоения работы с БД УММ;
- быстрота и наглядность достижения целей задачи, решаемой с помощью БД УММ;
- узнаваемость, субъективная удовлетворённость и комфортность пользователя при эксплуатации БД УММ.

Использование электронных версий УММ, включающих учебный и методический материалы, является эффективным инструментом для обеспечения содержания и качества подготовки специалистов, для активизации и повышения эффективности самостоятельной работы студентов, для интенсификации и индивидуализации обучения.

Изначально УМК предоставляется авторами дисциплин в виде набора файлов различных форматов (*.doc, *.rtf, *.pdf, *.ppt, *.jpg, *.avi и других форматов текстовых, табличных, растровых, векторных и видеодокументов) или одним общим фай-

лом, обычно в формате *.doc текстового редактора Microsoft Word. Для внесения в БД элементов УММ необходимо предварительно подготовить (привести к определённому виду путём форматирования) полученные файлы авторских УММ со следующими данными:

- титульный лист УМК спецкурса;
- аннотация дисциплины;
- рабочая учебная программа дисциплины;
- теоретический материал (курс лекций) по дисциплине;
- глоссарий дисциплины;
- лабораторный практикум;
- вопросы для контроля освоения дисциплины;
- учебно-методические материалы (методические указания, методические рекомендации и т.п.).

Сформированный пакет файлов заносится Главным администратором в базу данных, удобную для хранения, извлечения и представления информационных страниц обучаемому и преподавателю.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ И СОДЕРЖАНИЕ БД УММ

БД УММ обеспечивает три уровня доступа к материалам спецкурсов.

1 уровень — Главный Администратор. Имеет доступ ко всем папкам и файлам УМК как на своём компьютере, так и на сервере БД УММ, может их редактировать, переименовывать, добавлять или удалять модули и разделы УМК.

2 уровень — Преподаватель (разработчик). Имеет санкционированный доступ к копиям файлов конкретной дисциплины на своём компьютере, может их редактировать, добавлять или удалять модули и разделы дисциплины с последующей передачей разработанного материала главному администратору для размещения в общей структуре БД УММ.

3 уровень — Пользователь (обучаемый). Имеет санкционированный доступ к учебно-методическим материалам конкретной дисциплины (определённого преподавателем для изучения) с рабочего места, подключённого к локальной сети университета, и может их копировать.

Пользовательский интерфейс БД УММ реализует следующие базовые функции:

- поиск, копирование, редактирование, добавление и удаление учебно-методических материалов УМК: наименования, аннотации, рабочей учебной программы, теоретического материала (курса лекций), глоссария, списка учебной литературы, лабораторного практикума, вопросов для контроля освоения дисциплины, методических указаний, рекомендаций;

- выбор УМК конкретной дисциплины из общего списка содержащихся в базе данных с загрузкой всей информации, относящейся к выбранной дисциплине;

- выбор раздела УМК: аннотация, рабочая учебная программа, курс лекций, глоссарий, лабораторный практикум, контрольные вопросы дисциплины, методические указания и рекомендации;

- выбор конкретного раздела УМК по всем дисциплинам, содержащимся в базе данных;

- вывод всей информации по УМК дисциплин, содержащихся в базе данных.

Пользовательский интерфейс базы данных обучающихся реализует следующие базовые функции:

- копирование, редактирование, добавление и удаление информации по позициям: название дисциплины; ФИО студента, изучившего дисциплину, вуз, где выполнено обучение; год прохождения обучения; место работы, контактная информация; поиск и вывод на экран монитора информации по одной или нескольким выбранным позициям: название дисциплины; ФИО студента, изучившего дисциплину, вуз, где выполнено обучение; год прохождения обучения; место работы.

Пользовательские интерфейсы БД УММ и БДС реализованы в виде древовидной структуры на языке javascript, поэтому могут осуществляться как в off-line, так и в on-line режимах. Редактирование SQL-базы может осуществлять только Главный администратор. Для этого может использоваться любой менеджер базы данных «MySQL», например PhpMyAdmin, в котором в полном объёме предусмотрены возможности импорта-экспорта, изменения структуры, добавления-удаления полей и записей, редактирования и т.п.

L.V. Agamirov, I.A. Milukov, V.P. Sokolov

AgamirovLV@mpei.ru, MiliukovIA@mpei.ru, SokolovVPET@mpei.ru
National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

DEVELOPING AN ELECTRONIC DATABASE OF TEACHING MATERIALS IN AREAS OF TRAINING SPECIALISTS

SUMMARY

The report is devoted to the development of an electronic database of educational materials for the areas of training of higher education, intended for remote use in the educational process. Database consists of a number of computer programs written in PHP, providing several levels of access to educational materials: administrator, teacher, student. One of the elements of the database are the author's computer programs to test knowledge in Visual Basic in Excel and in PHP. Features of the program is its simplicity and accessibility for users use the average level of computer training. An example of creating a database of educational materials to meet the challenges of information engineering education at the National Research University «MPEI».

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ СРЕДСТВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён опыту применения специализированной программы для расчёта переходных процессов в электроэнергетических системах EMTP-RV в процессе обучения студентов НИУ «МЭИ». Приведены примеры моделей, разработанных в программном комплексе, и результаты их исследования.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время быстрыми темпами происходит информатизация промышленности и образования. Современный инженер должен владеть не только фундаментальными знаниями в своей специальности, но и обладать компетенциями использования компьютерных средств для проведения расчётов и моделирования. Системы автоматизации проектирования и расчётов позволяют предельно ускорить процесс проектирования или научного исследования и упростить представление полученных результатов. В рамках современных тенденций в образовании расширяется номенклатура дисциплин, предусматривающих овладение обучаемыми навыками использования специализированного программного обеспечения (ПО).

1. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В РОССИИ

Электроэнергетика — одна из наиболее динамично развивающихся сфер в экономике и образовании. За последние три десятилетия появилось большое количество ПО, позволяющего существенно упростить расчёт электромагнитных и электромеханических переходных процессов в электроэнергетических системах. Среди них стоит упомянуть программные комплексы:

- EMTP-RV — ПО для расчёта переходных процессов в электроэнергетических системах научной направленности;
- NEPLAN — ПО для решения прикладных задач в электрических сетях: расчёт установившегося режима (УР), токов короткого замыкания, схемной и режимной надёжности, статической и динамической устойчивости, оптимизации УР и др.;
- ETAP — ПО для решения прикладных задач в электрической части электростанций: расчёт токов КЗ, в том числе по ГОСТ, расчёт пусков и самозапусков двигателей, расчёт статической и динамической устойчивости, расчёт срабатывания устройств релейной защиты и др.;

- RastrWin — ПО для исследования установившихся электрических режимов сетей и производных задач (расчёт вариантов отказа, оптимизация режима, нагружение контролируемых сечений и др.);

- Simulink Power Systems Matlab — ПО для структурного моделирования элементов электрических сетей.

Программные комплексы NEPLAN, ETAP и RastrWin наиболее подходят для инженерных расчётов, остальные комплексы — для проведения математического моделирования в исследовательских целях, что особенно важно при подготовке студентов-магистрантов. EMTP-RV является наиболее удобным ПО для исследований поведения и свойств элементов электроэнергетических систем в переходных процессах.

2. ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММЫ EMTP-RV ДЛЯ ПОДГОТОВКИ МАГИСТРОВ — ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКОВ

Программа EMTP-RV позволяет проводить расчёты переходных процессов с помощью решения систем дифференциальных уравнений тремя различными методами: методом трапеций, неявным методом Эйлера или сочетанием двух указанных методов. Опыт использования показал устойчивость и уверенную сходимость применяемых в EMTP-RV численных методов расчёта для различных видов переходных процессов. ПО содержит обширную библиотеку готовых математических моделей элементов, применяемых при моделировании электроэнергетических систем [1]:

- источники питания и генераторы;
- линии электропередачи (ЛЭП);
- двухобмоточные, трёхобмоточные и специальные трансформаторы;
- синхронные и асинхронные двигатели;
- измерительные и преобразовательные элементы;
- блоки управления и регулирования;
- графопостроители.

Всё вышеперечисленное делает EMTP-RV достаточно удобным инструментом для приобретения навыков компьютерного расчёта переходных процессов и прогнозирования его результатов. Вместе с тем стоит отметить сложность отладки и вывода на расчёт математических моделей для неопытных пользователей, поэтому в

учебном процессе рекомендуется использовать заранее подготовленные и отлаженные модели.

На кафедре «Электрические станции» НИУ «МЭИ» программный комплекс EMTP-RV используется студентами и аспирантами при подготовке магистерских и кандидатских диссертационных работ. Кроме того, авторами создан курс для магистров первого года обучения «Компьютерные методы анализа переходных процессов в электроэнергетических системах», позволяющий приобрести навыки использования программы. На практических занятиях студенты осваивают следующие виды расчётов:

- расчёт параметров схем замещения элементов электроэнергетических систем;
- расчёт и анализ переходных процессов при включении трансформатора на холостой ход;
- расчёт и анализ переходных процессов в синхронных машинах при коротких замыканиях;
- расчёт подпитки точки короткого замыкания от асинхронного двигателя в сетях до и выше 1 кВ;
- расчёт и анализ переходного восстанавливающегося напряжения на контактах выключателя при отключении коротких замыканий;
- расчёт сопротивлений кабельных линий с учётом способа прокладки;
- расчёт аperiодической составляющей тока короткого замыкания и анализ влияющих на неё факторов.

Ниже представлено описание нескольких математических моделей.

3. МОДЕЛЬ В EMTP-RV ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ ТРАНСФОРМАТОРА НА ХОЛОСТОЙ ХОД

Модель переходного процесса при включении трансформатора на холостой ход в программе EMTP-RV представлена на рис. 1. Модель состоит из следующих элементов:

- источника питания AC1;
- балансирующего узла LF1;
- выключателя SW1;
- трансформаторов тока $i(t)$, tr_1, tr_2, tr_3;
- трансформатора YD_1;
- нагрузки Load1;
- осциллографов тока первичной обмотки трансформатора scp1, scp2, scp3.

В модели использован неидеальный силовой трансформатор, его схема замещения имеет поперечную ветвь намагничивания, сопротивление ветви намагничивания определяется кривой намагничивания магнитопровода трансформатора и задаётся пользователем модели.

Включение трансформатора под напряжение моделируется выключателем SW1.

Студенты изучают возникновение броска тока намагничивания силового трансформатора

(рис. 2) и зависимость этого тока от следующих факторов:

- угла включения трансформатора;
- нагрузки;
- остаточной намагниченности;
- кривой намагничивания магнитопровода.

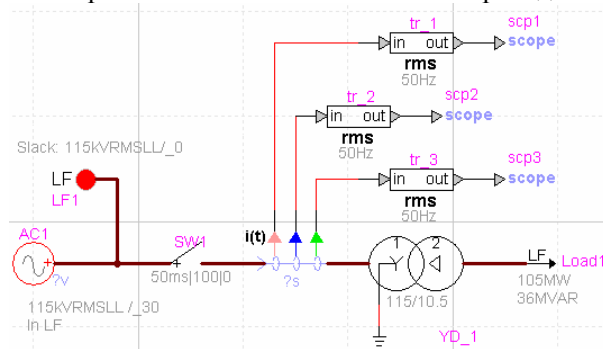


Рис. 1. Модель для исследования переходного процесса при включении силового трансформатора на холостой ход

4. МОДЕЛИРОВАНИЕ В EMTP-RV ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА В СИНХРОННЫХ МАШИНАХ ПРИ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЯХ

Модель участка сети для исследования переходного процесса в синхронных машинах при коротких замыканиях (КЗ) в программе EMTP-RV представлена на рис. 2. Модель состоит из следующих элементов:

- синхронной машины SM;
- блока турбины, системы возбуждения, автоматических регуляторов возбуждения и частоты вращения (АРВ);
- выключателей, моделирующих первичное (K1) и повторное (K2) короткое замыкание;
- ЛЭП (W);
- электрической нагрузки (Local_Load);
- трансформаторов тока (tr_5, tr_7);
- трансформатора напряжения $v(t)$.

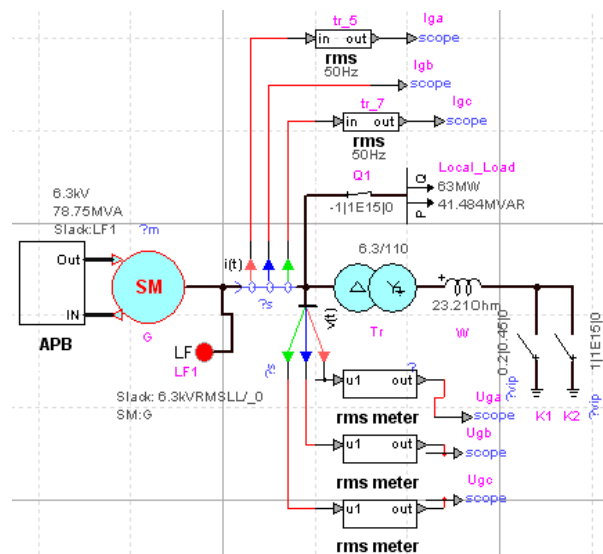


Рис. 2. Модель для исследования переходного процесса в синхронных машинах при коротких замыканиях

Scope and Observe selections			
Scope	Observe	Variable	Units (default)
	<input checked="" type="checkbox"/>	Rated voltage	kV
	<input checked="" type="checkbox"/>	Total 3-phase Power	MVA
	<input type="checkbox"/>	Field current (i_f) for 1pu of field voltage. Value of field current which will produce rated armature voltage on the air-gap line	A
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	i_{sa} Phase-a current, i_{ba} for Delta connection	A
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	i_{sb} Phase-b current, i_{cb} for Delta connection	A
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	i_{sc} Phase-c current, i_{ac} for Delta connection	A
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	v_o zero-axis voltage	V
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	i_o zero-axis current	A
	<input checked="" type="checkbox"/>	E_{fs} Steady-state field voltage (on d-axis)	V
<input checked="" type="checkbox"/>		E_f Field voltage (on d-axis)	V
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	v_d d-axis voltage	V
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	i_d d-axis current	A
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Ψ_d d-axis flux linkage	Wb-turn
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	i_f field winding current	A
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	i_{d1} d-axis first damper winding current	A
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	i_{d2} d-axis second damper winding current	A

Рис. 3. Параметры синхронной машины, рассчитываемые при моделировании переходных процессов

Модель синхронной машины в ПО EMTP-RV основана на уравнениях Парка—Горева. Отличительное преимущество этой модели – доступность настроек свойств синхронной машины, перечня рассчитываемых параметров (рис. 3). В модели можно варьировать количество контуров синхронной машины, что позволяет в целях образовательного процесса учитывать:

- наличие или отсутствие демпферных контуров;
- тип системы возбуждения (отключено, пропорционального действия, сильного действия);
- конфигурация обмотки возбуждения (только по продольной оси d либо по продольной d и поперечной q осям).

Студенты исследуют влияние указанных выше факторов на переходной процесс при КЗ. Расчётная модель синхронной машины позволяет рассчитать кривые переходного процесса в четырёх стадиях развития:

- 1) первичное КЗ — точка K1;
- 2) отключение первичного КЗ — точка K1;
- 3) повторное КЗ — точка K2 при неуспешном автоматическом повторном включении;
- 4) отключение синхронной машины и включение автомата гашения поля возбуждения.

В процессе расчётов обучаемые получают и анализируют кривые изменения параметров синхронной машины, рис. 3:

- токи статора (i_a, i_b, i_c);
- ток обмотки возбуждения (field current i_f);
- ЭДС в обмотке возбуждения (E_f);
- напряжения обмотки статора, приведённые к осям dq (V_d, V_q);
- токи обмотки статора, приведённые к осям dq (i_d, i_q);

- токи в демпферных контурах ($i_{d1}, i_{d2}, i_{q1}, i_{q2}$);
- потокосцепления, связанные с обмотками d и q статора (Ψ_d и Ψ_q);
- напряжение на выводах генератора.

5. МОДЕЛИРОВАНИЕ В EMTP-RV ПОДПИТКИ ТОЧКИ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ОТ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Модель подпитки точки короткого замыкания от асинхронного двигателя (АД) в программе EMTP-RV представлена на рис. 4. Рассматривается переходный процесс в двух вариантах – в сети до 1 кВ и в сети свыше 1 кВ. Модель состоит из следующих элементов:

- асинхронного двигателя ASM;
- эквивалента питающей сети $VwZ1$;
- линии электропередачи W ;
- понижающего трансформатора;
- измерительных трансформаторов тока $i(t)$ и напряжения $v(t)$;
- графопостроителей scope.

Влияние АД на ток короткого замыкания зависит от электрической удалённости точки короткого замыкания от каждого электродвигателя и момента времени возникновения КЗ.

Обучаемые исследуют влияние электрической удалённости АД на кратность и длительность подпитки им КЗ, а также шунтирующий эффект двигателей. В обмотке ротора АД при КЗ возникает апериодический ток, наводящий ЭДС в обмотке статора двигателя. В начальной стадии КЗ (около 20 мс от момента возникновения повреждения) двигатель является источником энергии и подпитывает КЗ. В завершающей стадии КЗ ток в обмотке ротора быстро затухает до нуля, обмотка статора АД шунтирует цепь КЗ, и ток КЗ уменьшается.

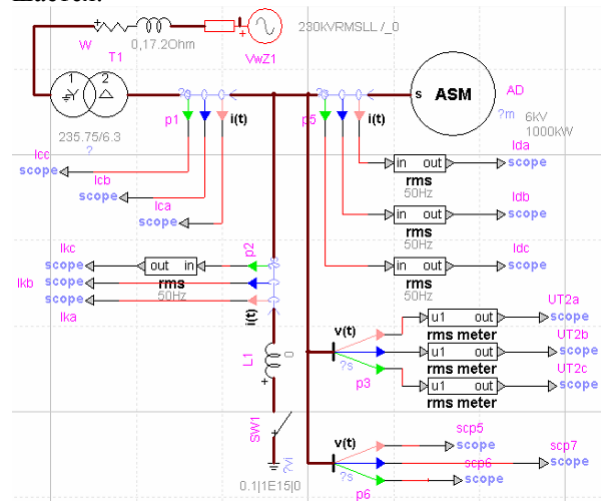


Рис. 4. Модель для исследования подпитки асинхронным двигателем точки короткого замыкания

Модель АД имеет много общего с моделью синхронной машины (рис. 3) с точки зрения возможностей отображения параметров двигателя в переходном режиме. Рассматриваемая модель (см. рис. 4) позволяет исследовать изменение в процессе короткого замыкания следующих параметров АД:

- токов в обмотке статора;
- токов в обмотке ротора;
- токов во второй обмотке ротора (для АД с двойной беличьей клеткой);
- скорости вращения ротора;
- скольжения.

6. ВОЗМОЖНОСТИ EMTP-RV ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ СОПРОТИВЛЕНИЙ КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ С УЧЁТОМ СПОСОБА ЕЁ ПРОКЛАДКИ

В последнее десятилетие в сетях 6—500 кВ получили распространение пофазно-экранированные кабели, сопротивление которых зависит от способа прокладки и способа заземления медных проволочных экранов. EMTP-RV имеет блок «Cable Data», предназначенный для расчёта параметров схемы замещения кабельных линий, которые состоят из пофазно-экранированных (одножильных) кабелей.

Способ прокладки кабелей задается X-, Y-координатами относительно выбранной системы координат (рис. 5). Для каждого кабеля есть возможность задать геометрические размеры жилы, жильной изоляции, экрана, оболочки экрана, полупроводящих слоёв, металлической брони (при наличии). В качестве результата расчёта сопротивлений блок «Cable Data» вычисляет матрицу продольных сопротивлений и поперечных проводимостей КЛ.

Обучаемые исследуют влияние на параметры схемы замещения КЛ следующих факторов:

- способа прокладки (треугольником или горизонтально) и расстояний между осями кабелей;
- способа заземления экранов (одностороннее, двухстороннее, двухстороннее с транспозицией);

- сечения проволочного экрана;
- наличие / отсутствия брони кабелей;
- удельного сопротивления грунта.

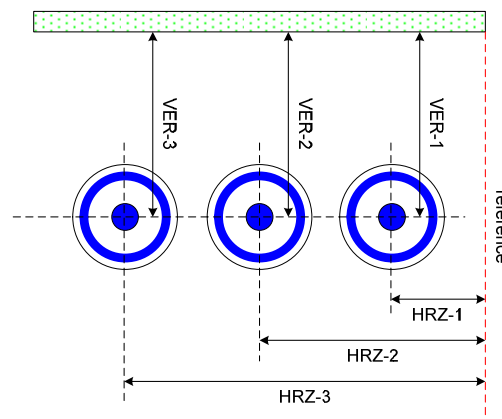


Рис. 5. Задание геометрии прокладки пофазно-экранированных кабелей

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В современной науке и образовании всё большую роль играют системы автоматизации проектирования и расчётов, имеющие гораздо меньшие трудозатраты по сравнению с ручными расчётами. Применение программного комплекса EMTP-RV позволяет ознакомить обучаемых с современными методами и средствами расчёта переходных процессов в электроэнергетических системах, сформировать умение разрабатывать расчётные модели и выбирать для них расчётные условия, интерпретировать и оценивать достоверность полученных результатов переходных процессов. Приобретая указанные профессиональные компетенции, обучаемые способны в дальнейшем самостоятельно проводить расчётно-теоретический анализ переходных процессов в электроэнергетических системах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Electro-magnetic** transients program (EMTP). Theory book / Hydro-Québec: Powersys sarl, 2007. 483 p.

A.A. Antonov, A.D. Kupchinov, Y.V. Monakov, E.P. Oknin

AntonovAA@mpei.ru, KupchinovAD@mpei.ru, MonakovYV@mpei.ru, OkninEP@mail.ru
National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

APPLICATION OF COMPUTER TOOLS FOR TRANSIENT PROCESSES MODELING IN ELECTRIC POWER EDUCATION

SUMMARY

The report considers the experience of use the specialized program for transient processes calculation in electrical power systems EMTP-RV for students education in the National Research University «Moscow Power Engineering Institute». Examples of models designed in the software package and results of these studies are presented.

ГОТОВНОСТЬ ПЕРВОКУРСНИКОВ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЭЛЕКТРОННЫХ РЕСУРСОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ МАТЕМАТИКИ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён рассмотрению и анализу готовности первокурсников к использованию сетевых математических образовательных ресурсов и вычислительных пакетов. Проводится обзор основных существующих в настоящее время типов сетевых ресурсов, которыми могут воспользоваться студенты при изучении и применении математики.

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире, когда человеку часто приходится менять сферу деятельности, важным является умение быстро находить нужную информацию и правильно выстраивать личный образовательный процесс, пользуясь проверенными ресурсами.

Целесообразное применение информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в математическом образовании будущих инженеров является одной из центральных проблем при обучении математике во втузе. Готовы ли первокурсники к активному применению сетевых образовательных математических ресурсов? Используют ли они эффективные и достоверные ресурсы или бездумно пользуются низкокачественными и непроверенными электронными средствами и программами?

Для получения ответа на эти вопросы в сентябре 2015 года мы провели интервьюирование студентов, поступивших на первый курс НИУ «МЭИ». Результаты позволили получить общее представление о степени сформированности привычки пользоваться ЭОР при обучении математике и о школьных навыках такого использования.

1. ВАЖНОСТЬ И ДОСТУПНОСТЬ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ИНЖЕНЕРНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Лишь малое число преподавателей втузов продолжают оспаривать тезис о пользе внедрения электронных технологий в процесс преподавания высшей математики. Всё больше и больше преподавателей математики задумываются об эффективных формах такого внедрения [1]. Использование ИКТ в обучении математике студентов втузов является не самоцелью, а насущной потребностью времени [2]. Процесс информатизации математики вне зависимости от желаний преподавателей уже давно самовольно внедрился в образовательную среду.

Об этом свидетельствуют, во-первых, неукротимые попытки студентов списывать и копировать из интернета решения типовых математических задач, а во-вторых, быстро формирующаяся у первокурсников привычка вместо всестороннего изучения теоретического материала находить по ключевым словам в интернете конкретные ответы на конкретные математические вопросы. Преподавателям математики ясно, что деформированное описанным выше способом использование математических ЭОР никак не повышает уровень математической подготовки будущих инженеров.

Запрет же на любое использование электронных ресурсов при изучении математических дисциплин и вовсе подрывает базовые основы инженерного образования и ставит математику вне рамок компетентностного подхода к обучению. Ведь инженеру-исследователю, инженеру-конструктору, инженеру-проектировщику требуется вычислительная математика, которая, в свою очередь, малоэффективна без математики теоретической.

Полезное (и с точки зрения обучения, и с точки зрения профессионального применения) использование математических электронных образовательных ресурсов (МЭОР) зависит от двух основных факторов: качества электронных образовательных ресурсов (ЭОР) и умения грамотно им воспользоваться. Оценивая изменения, произошедшие с электронными математическими ресурсами за последние несколько лет [3], мы можем выявить основные тенденции их развития:

- бурный рост количества математических онлайн-калькуляторов (671 тыс. ответов по запросу «математический онлайн-калькулятор»);
- активизация математических форумов (3 млн ответов по запросу «математический форум»);
- преобладание электронных справочников над «бумажными» (2 млн ответов по запросу «математический справочник»);
- большой объём теоретического материала (6 млн ответов по запросу «лекции по математике»).

Доступность МЭОР сейчас беспрецедентная. Имеющиеся сетевые математические ресурсы образуют самоорганизующуюся, разрастающуюся в хаотическом порядке разноуровневую систему с множеством целевых функций. Каждый

ресурс имеет свои достоинства и свои недостатки, но оценить их эффективность и протестировать их характер влияния на учебный процесс способен лишь опытный преподаватель математики. Студенты же по неопытности либо переходят с одного сайта на другой, тратя на поиски удобного для работы ресурса драгоценное учебное время, либо вообще не подозревают о пользе от МЭОР.

2. ЦЕЛИ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование готовности первокурсников использовать ЭОР при изучении математики проводилось нами в Национальном исследовательском университете «МЭИ» в сентябре 2015 года. Был осуществлён анонимный опрос студентов 1-го курса одного из институтов. В опросе участвовали 127 человек: выпускники школ Москвы и Московской области, крупных и мелких городов и поселков из многих регионов России.

Степень использования МЭОР для различных видов математической подготовки нужно было оценить тремя баллами: 0 — сетевой ресурс в школе не использовался никогда; 1 — сетевой ресурс использовался редко; 2 — сетевой ресурс использовался часто. Следовало указать степень использования интернета при изучении теоретического материала по математике, при решении задач. Учитывалось и прохождение централизованного интернет-теста для подготовки к ЕГЭ, и школьное математическое интернет-тестирование, и участие школьников в математических форумах по различным учебным вопросам.

Отдельно нас интересовало проникновение в школьную математическую среду наиболее эффективных, качественных и удобных для начинающих и продвинутых пользователей сетевых версий MathCAD и Wolfram Alpha. В связи с безграничным доверием нынешних школьников Википедии (во всех отраслях, включая и научную), вопрос о частоте использования именно этого ресурса был тоже актуален.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Распределение среднего балла использования МЭОР школьниками (от 0 до 2) визуально напоминает нормальное распределение (с математическим ожиданием 1,063 и среднеквадратическим отклонением 0,43) (см. рис. 1.) Это, несомненно, говорит о том, что процесс обучения школьников информационным технологиям в применении к математике не является организованным. После нескольких лет внедрения информатизации в школьный учебный процесс мы ожидали увидеть явную скошенность гистограммы и смещение среднего значения среднего балла в сторону частого использования ресурсов.

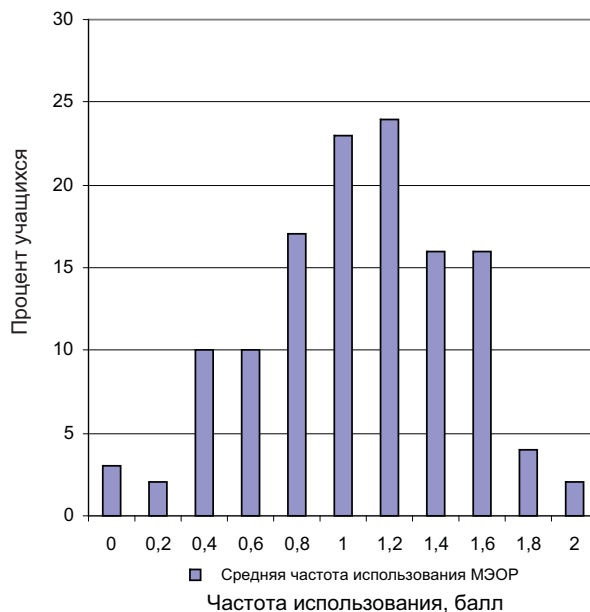


Рис. 1. Средняя частота использования МЭОР

В результате опроса выяснилось, что при решении задач по математике только 27 % опрошенных часто пользовались электронными ресурсами, 56 % — редко и 17 % — никогда. В то же время часто пользовались электронными ресурсами как учебными и справочными пособиями уже 50 % учащихся, редко — 41 %, никогда — всего 9 %. Было замечено, что абитуриенты вообще редко используют такие специальные ресурсы, как MathCAD, Wolfram Alpha, Википедия. Выяснилось, что такой ресурс как Mathcad 92 % студентов 1-го курса не использовали никогда, 7 % — редко и только 1 % — часто. Аналогично, ресурс Wolfram Alpha никогда не использовали 86 %, редко использовали 9 %, часто — 5 %. Несколько большее число учащихся пользуются таким электронным ресурсом, как Википедия, но и здесь большинство из них (56 %) делают это редко, 27 % — часто, 17 % — никогда.

Если учитывать только тех, кто часто пользуется ЭОР для решения задач, то получим следующую картину: часто используют MathCAD и/или Wolfram Alpha лишь 10 % и никогда не использовали эти ресурсы 75 %. Это указывает на то, что даже те школьники, которые ощущают эффект от использования компьютера при решении математических задач, не пользуются полезными для обучения математике сертифицированными программными продуктами.

Школьные учителя, вероятно, по разным причинам не уделяют должного внимания составлению собственных электронных тестов по пройденным математическим темам. Об этом говорят следующие результаты: никогда не проходили школьное электронное тестирование по математике 51 % учащихся, редко — 23 % и часто — 26 %. В то же время сетевые тесты по материалам

ЕГЭ часто проходили 68 % школьников, 20 % — выполняли тесты редко, и лишь 12 % — никогда.

Количество школьников, участвующих в различных математических форумах таково: 9 % участвуют часто, 37 % — редко, а 54 % вообще не имели опыта участия. Получается, что школьники, проводящие в социальных сетях существенную часть своего времени, не воспринимают электронное социальное общение как инструмент живого дистанционного взаимообучения математике.

4. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ТЕНДЕНЦИИ

Что касается географии использования МЭОР, то в результате исследования выяснилось, что такими спецресурсами, как MathCAD и Википедия реже пользуются в Москве и крупных городах и чаще в остальных населённых пунктах.

При этом из 5 % школьников, использующих Wolfram Alpha, наиболее часто обращаются к нему жители крупных городов (примерно половина). Возможно, это связано с тем, что школьники отдалённых населённых пунктов не всегда осведомлены об имеющихся математических вычислительных сетевых ресурсах.

Из графиков, представленных на рис. 2, видно, что учащиеся крупных городов реже используют электронные ресурсы при изучении теоретического и справочного материала и реже участвуют в математических форумах, чем жители Москвы и других населённых пунктов.

С другой стороны, именно жители крупных городов чаще пользуются МЭОР при выполнении тестов и при решении задач.

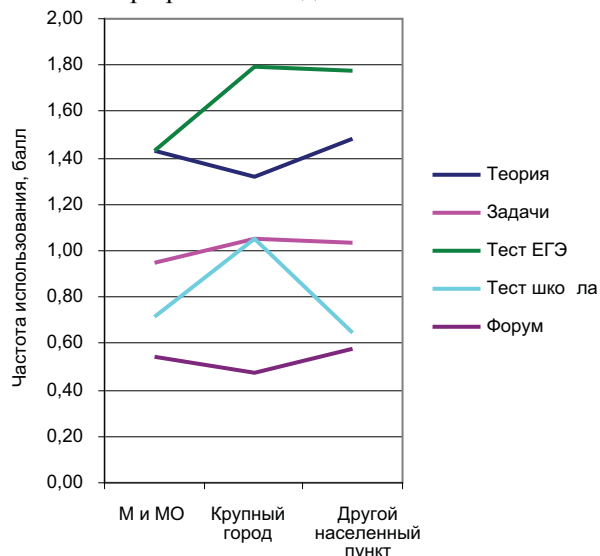


Рис. 2. Распределение по городам среднего уровня использования МЭОР

На рис. 3 мы видим полученные значения среднего уровня использования МЭОР (без учета частоты появления этих показателей). Московский регион показывает больший разброс результатов, в то время как другие регионы демонстри-

руют некоторый тренд. Вероятно, учителя математики крупных городов имеют больше условий и прикладывают больше усилий к внедрению МЭОР в учебный процесс, чем учителя школ в других населённых пунктах России.

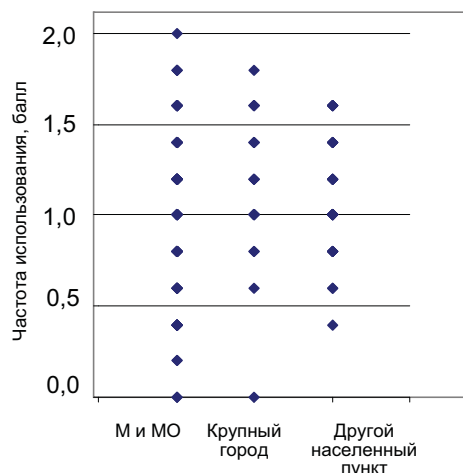


Рис. 3. Разброс по городам среднего уровня использования МЭОР

5. ПРОБЛЕМЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НИЗКОКАЧЕСТВЕННЫХ МЭОР

Основам ремесла (в том числе и математического) трудно научиться самостоятельно, без помощи извне. Требуется наставник, преподаватель, тьютор. Правильная реакция на результаты, сгенерированные МЭОР, приведёт к коррекции процесса обучения, к расстановке ориентиров, к развитию интуиции и навыков самоконтроля.

В том случае, когда студент остаётся один на один с массой сведений, размещённых в разных уголках Интернета и с практически необозримым набором инструментария для решения типовой задачи, он испытывает сложности, связанные не только с отбором нужной информации, но и с отсутствием критической оценки правильности и оптимальности действий ресурса.

Хотим обратить внимание на один немаловажный аспект: сегодняшние школьники и студенты, как правило, не умеют грамотно использовать и интерпретировать полученные с помощью глобального электронного ресурса — Интернета — результаты. Если студент не владеет основными методами математического моделирования, способами и средствами получения и переработки информации, то неверно полученный ответ может быть принят как правильный.

Например, студенты технических вузов в разделе «Высшая математика» изучают такое понятие, как «Обратная матрица». Известно, что если определитель матрицы равен 0, обратной матрицы не существует. Один из способов вычисления обратной матрицы связан с вычислением её определителя. Если определитель матрицы очень мал, а вычисления ведутся с достаточно большой

погрешностью (а величина этой погрешности нигде явно не указывается), то программа может считать определитель равным нулю и выдать ответ, что обратной матрицы не существует.

Или ещё один пример (уже математической безграмотности разработчиков ресурса). После решения неопределённой системы линейных алгебраических уравнений онлайн-калькулятор выдает резюме: «Система имеет множество решений». Вероятно, по мнению разработчиков, слово «множество» является синонимом выражения «бесконечно много». А о существовании пустого множества они и не подозревают. Кстати, именно такие математически безграмотные высказывания стимулируют снижение математической грамотности школьников и студентов [4].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хранилище научной (в том числе и математической) информации в интернете становится всё более и более сложным. Эту информацию невозможно переработать, а тем более усвоить. К тому же доступ к этим хранилищам становится всё более сложным. Поскольку доступ — это специальное образование, специальные знания, которые требуют наличия двух первоначальных условий: желания и умения учащихся пользоваться ЭОР и желания и умения преподавателей ознакомить учеников с качественными МЭОР и научить эффективно ими пользоваться.

Итак, рациональному и продуктивному использованию МЭОР школьников и студентов нужно целенаправленно обучать. Спонтанное и бессистемное обращение к непроверенным ресурсам создает ложную иллюзию истинных знаний и формирует то, что сейчас принято называть Google-эффектом — легкодоступность информации создаёт иллюзию владения информацией.

Это ведёт не только к деформации образования, но и к ослаблению разного вида памяти. Рабочая память становится очень короткой, поскольку то, что мы должны были бы хранить в наших головах,

мы храним в долговременной компьютерной памяти. А наш мозг без специального обучения методом использования полезных сетевых ресурсов рискует стать лишь придатком к компьютеру.

Для того, чтобы компьютер превратился в полезный инструмент образовательной среды, преподаватели сами должны быть уверенными и квалифицированными пользователями электронных ресурсов, уметь оценить МЭОР и указать студентам на наиболее проверенные и качественные ресурсы. Они должны понимать, какие численные методы используются в соответствующих программах, и подготовить обучаемого к возможным проблемам при их использовании. Актуальной остаётся проблема отсутствия желания у большей части учащихся овладевать знаниями и разбираться в решаемой задаче, т.е. проблема слабого развития самостоятельности у самого человека. К сожалению, очень часто пользователи заинтересованы лишь в получении ответа. Пока ещё мало внимания уделяется технологиям и системам воспитания самостоятельности. Представляется важным активизировать работу и в этом направлении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Богомолова Е.П., Максимова О.В.** Влияние компьютерной поддержки математики на успеваемость студентов технических вузов // Открытое образование. 2014. № 6 (107). С. 65—71.
2. **Богомолова Е.П., Бурковская М.А.** Пять тезисов в пользу концептуальной перестройки учебных программ по высшей математике в техническом вузе // Сборники конференций НИЦ Социосфера. 2013. № 9. С. 21—23.
3. **Богомолова Е.П.** Сетевые образовательные математические ресурсы // Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования — ИНФОРИНО—2012» (Москва, 10—11 апреля 2012 г.). М.: Издательский дом МЭИ, 2012.
4. **Богомолова Е.П.** От математической малограмотности к математическим компетенциям // Вестник Московского университета. Серия 20: Педагогическое образование. 2015. № 3. С. 3—20.

E.P. Bogomolova, T.A. Ratnikova

RatnikovaTA@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

READINESS OF THE FIRST-YEAR STUDENTS TO USE THE ELECTRONIC RESOURCES AT STUDYING MATHEMATICS

SUMMARY

The report focuses on the investigation and analysis of readiness of first-year students to use the network of mathematical learning resources and computer packages. We review the main currently available types of network resources that are available for students in the study and application of mathematics.

ДИСТАНЦИОННЫЙ ЭОР ПО СОВРЕМЕННОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ АЛГЕБРЕ И ЕЁ ПРИЛОЖЕНИЯМ

АННОТАЦИЯ

В докладе отражён опыт использования дистанционной версии алгебраического процессора НИУ «МЭИ» в преподавании дисциплин «Современная компьютерная алгебра» и «Методы защиты информации» для студентов по направлению «Прикладная математика и информатика» в Национальном исследовательском университете «МЭИ»

ВВЕДЕНИЕ

Особенностью дисциплины «Современная компьютерная алгебра» является изучение алгоритмов основных и производных операций различных алгебраических структур и использование алгебраических библиотек для реализации изучаемых приложений. Последнее особенно актуально при изучении криптографических протоколов в дисциплине «Методы защиты информации». Дистанционное взаимодействие студента и компьютера, а также студентов посредством компьютера между собой важно не только и не столько для облегчения доступа к информационному и программному обеспечению дисциплины, сколько для моделирования многосторонних вычислений при выполнении таких протоколов в процессе их изучения. Способ и средства реализации такого взаимодействия и рассматриваются в настоящем докладе.

1. ОБ АЛГЕБРАИЧЕСКОМ ПРОЦЕССОРЕ НИУ «МЭИ»

Этим условиям вполне удовлетворяет дистанционный электронный образовательный ресурс (ЭОР) Алгебраический процессор НИУ «МЭИ» [1, 2] (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013615738 от 19 июня 2013 г.). Он разработан авторами и используется при изучении указанного цикла дисциплин, а также в научной работе преподавателей и студентов [3]. При этом преподаватель имеет возможность создавать и обновлять практикум, включающий теоретические описания по разделам дисциплины, например тексты лекций и сопровождающие их описания практических заданий, снабжаемые ссылками на компьютерные программы (в виде exe-файлов или программ на языке python с использованием при необходимости функций алгебраической библиотеки MPEI AAL – Algebraic Abstract Library).

ЭОР обеспечивает удалённый доступ к алгебраическим библиотекам, в частности к алгебраической библиотеке MPEI AAL (MPEI Algebraic Abstracts Library), при вычислениях в различных числовых, полиномиальных и эллиптических структурах по составленным с подсказками алгебраического процессора программам или по готовым программам из лабораторного практикума. Он был создан в развитие локальной версии алгебраического процессора [4, 5]. ЭОР представляет собой комплекс программных средств, объединённых дистанционным интерактивным web-интерфейсом, обеспечивающим удалённый доступ к теоретическим материалам изучаемых курсов и к интерактивным программам взаимодействия с вычислительными ресурсами в процессе реализации алгебраических вычислений с визуализацией результатов.

Он поддерживает теоретическое и практическое изучение свойств и алгоритмов конечных групп, колец, полей, групп точек эллиптических кривых и основанных на этих алгебраических структурах алгоритмов и протоколов, изучаемых в различных дисциплинах. Передаваемые web-транзакции разделяются на два класса: транзакции, доступные конкретному пользователю, и транзакции, доступные всем пользователям сети, что позволяет моделировать работу защищённых коммуникационных систем и атак на них. Также обеспечиваются дистанционный доступ к формированию и использованию информационного содержания лабораторного практикума и доступ к системной информационной поддержке дистанционного ресурса.

Поддерживаются следующие способы взаимодействия сервером при вычислениях

а) вычисления на сервере по программе, отправляемой на сервер с удалённого дисплея, с представлением результатов вычислений на удалённом дисплее. Предварительно программа составляется пользователем или вызывается на удалённый дисплей с сервера по его запросу;

б) вычисления на удалённом компьютере по исполняемому файлу, загружаемому с сервера по запросу пользователя, с представлением результатов вычислений на удалённом дисплее; такой вариант применения алгебраического процессора позволяет использовать исполнимые файлы тех

или иных программ, разработанных ранее для исполнения на локальных рабочих местах;

в) многосторонние вычисления на сервере по программам, отправляемым на сервер с различных удалённых дисплеев, с представлением результатов на соответствующих удалённых дисплеях; предварительно программы вызываются на удалённый дисплей и, возможно, редактируются пользователем.

2. ИНФОРМАЦИОННОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭОР

Теоретические разделы ресурса подготовлены авторами на основе изданий [6, 7]. Функциональные возможности ресурса достаточны для воспроизведения (моделирования) и программирования большинства алгоритмов и криптографических протоколов, приведённых в этих изданиях.

Приведём наименования некоторых изучаемых разделов указанных выше дисциплин:

вычисления в числовых алгебраических структурах, квадратичные вычеты, квадратные корни, проблемы числовой факторизации, квадратного корня и квадратичного вычета, вычисления в полиномиальных алгебраических структурах, вычисления в группах точек эллиптических кривых различных характеристик, проблема дискретного логарифмирования; протоколы распределения ключей по открытым каналам, цифровая подпись, протоколы, основанные на спаривании точек эллиптической кривой.

В практикуме алгебраического процессора можно исполнять любые программы на языке Python с использованием при необходимости функций алгебраической библиотеки MPEI AAL. Ниже перечислены алгебраические структуры, в которых возможны вычисления с использованием интерактивных средств «Алгебраического процессора» на основе этой библиотеки:

кольцо целых чисел, кольца вычетов по модулю n , простые поля; квадратичные расширения простых полей; кольца многочленов над полями характеристики 2 и 3, кольца вычетов в таких полях; группы точек эллиптических кривых над простыми полями, над квадратичными расширениями таких полей, над расширениями полей характеристики два и три.

При выборе любой из этих структур пользователь получает меню соответствующих операций. При выборе необходимой операции пользователь получает подсказку о формате её представления в программе.

Имеются операции генерации и тестирования простых чисел, неприводимых и примитивных многочленов над полями характеристики два и три. Существенным преимуществом дистанционной версии является возможность вычислений по составленным или готовым программам.

Для выполнения программ используется интерпретатор языка Python, к возможностям которого добавлены функции Алгебраической библиотеки MPEI AAL. Связывание осуществляется через прикладной программный интерфейс языка (C API), который позволяет вызывать в программах функции из библиотек и других компилируемых модулей, написанных на C и C++. Реализован способ автоматизации связывания с помощью генератора интерфейсов SWIG (англ. Simplified Wrapper and Interface Generator) [8]. Такой подход позволил интегрировать разные программные компоненты, предоставляя доступ к компилируемому коду при отсутствии его аналога на скриптовом языке. Использование генератора интерфейсов SWIG позволяет сократить до минимума необходимую работу и обработать большой объём кода. SWIG автоматически генерирует функции доступа для заданных структур, классов и функций по специальным файлам (интерфейсным модулям). На выходе получается динамическая (разделяемая) библиотека, которую интерпретатор может подключать в качестве расширения.

Работа дистанционной версии алгебраического процессора заключается в предоставлении совместного доступа к интерпретатору для удалённых пользователей. Благодаря использованию на сервере языка Python можно решить большинство задач с помощью множества доступных средств сетевого взаимодействия. Особое внимание уделено работоспособности приложения в случаях изменения количества пользователей и соответственно нагрузки на сервер, освобождению неиспользуемых ресурсов, а также контролю возможных рисков недоброкачественного их использования (переполнения памяти, глубины рекурсии, зависаний). На стороне клиента используется набор шаблонов вёрстки, оформления и компонентов веб-интерфейса. Компоненты на стороне клиента подобраны для максимальной совместимости с различными устройствами и разными разрешениями экранов. Используются возможности адаптивной вёрстки, когда на большом расширении используется растягивающаяся разметка, при уменьшении — ширина колонок в сетке макета фиксируется, а там, где это необходимо, элементы выравниваются вертикально вместо использования обтекания.

3. О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭОР ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ДРУГИХ ЦИКЛОВ ДИСЦИПЛИН [9]

Каждый преподаватель, располагающий компьютером с ОС Windows версии XP или выше (или ОС Linux) по приведённым ниже рекомендациям может создать свою копию алгебраического процессора для изучения определённого цикла дисциплин. Дополнительно при наличии

внешнего имени, как, например, у сервера МЭИ (mpei.ac.ru) или статического IP-адреса, он может сделать свою копию доступной для других пользователей. Для этого при первом запуске нужно разрешить доступ к процессору в появившемся окне брандмауэра Windows. Тогда любой пользователь (студент или преподаватель), у которого есть адрес практикума, может открыть в браузере (для чтения и выполнения заданий, редактирования и исполнения компьютерных программ) практикум любого преподавателя по объявленному им внешнему адресу или IP. Следует учесть, что в состав дистрибутива входит только однопоточный сервер — это значит, что одновременно может выполняться только одна программа, остальные ждут, когда она завершится. Чтобы снять это ограничение, нужно устанавливать или включать в дистрибутив многопоточный сервер, который поддерживается bottle.py, например cherгуру .

Запуск алгебраического процессора осуществляется запуском исполняемого файла дистрибутива dist.exe. Сообщение об ошибке в появившемся окне нужно игнорировать. После этого можно открыть процессор в браузере по адресу <http://localhost:8080/>. Логин: admin. Пароль: 123. Изменить пароль и создать других пользователей можно в настройках через меню в правом верхнем углу экрана.

Для работы алгебраического процессора на компьютере должна стоять библиотека Visual C++ 2008 Redistributable library (vc redistrib_x86.exe). Все остальные компоненты, в том числе исполняемый модуль библиотеки МРЕИ ААЛ, включены в дистрибутив dist.exe. На данный момент библиотека в дистрибутиве собрана без поддержки факторизации и определения порядка эллиптических кривых. Системные требования к компьютеру отсутствуют.

Ниже даны рекомендации по сборке своего дистрибутива алгебраического процессора на собственном компьютере при наличии соответствующих навыков.

Сборка алгебраического процессора в ОС Linux

1. Скачать последнюю версию процессора из репозитория

<https://github.com/radixvinni/aalpy>.

2. Необходимо собрать библиотеку ААЛ из исходных кодов через команду Stake по инструкции: <http://mm.mpei.ac.ru:8080/help/dev>. На выходе должны получиться файлы _AAL.so и AAL.py. Их нужно скопировать в директорию с процессором.

3. Запуск осуществляется через вызов aal.py из каталога процессора. Также можно настроить службу /etc/init.d/aal или /etc/init/aal — она обеспечивает перезапуск в случае сбоя или зависания.

Сборка файла dist.exe в ОС Windows

1. Распаковать архив aalpy.7z в папку C:\AAL-Py\aalpy.

Архив содержит код из репозитория <https://github.com/radixvinni/aalpy> (только там версия для linux);

собранные на компиляторе VS C++2008 привязки библиотеки ААЛ для python без внешних модулей. Полную сборку нужно делать по инструкции

http://subversion.assembla.com/svn/mpei_ask/MPEI_ASK/Documentation/%d0%98%d0%bd%d1%81%d1%82%d1%80%d1%83%d0%ba%d1%86%d0%b8%d1%8f%20%d0%bf%d0%be%20%d1%81%d0%b1%d0%be%d1%80%d0%ba%d0%b5%20%d0%bf%d1%80%d0%b8%d0%b2%d1%8f%d0%b7%d0%be%d0%ba%20MPEI%20AAL.doc.

Туда же можно скопировать практикум (wiki.db и assets/doc).

3. Установить python-2.7.10.msi.

4. Установить расширение для компиляции скриптов в исполняемые файлы py2exe.

5. Открыть Командную строку и выполнить в ней:

```
cd C:\AAL-Py\aalpy
C:\Python27\python.exe
C:\AAL-Py\aalpy\setup.py py2exe
```

6. Скопировать assets, views и wiki.db из aalpy в dist.

7. Выделить все файлы в папке dist и добавить их в архив dist.7z (7zip должен быть установлен).

8. Выполнить в командной строке:

```
cd C:\AAL-Py\aalpy\dist
copy /b 7zsd.sfx + config.ini + dist.7z dist.exe
```

Для создания информационного и программного обеспечения цикла дисциплин в алгебраическом процессоре при запуске исполняемого файла дистрибутива процессора в папке временных файлов (%TEMP%) создаётся база данных практикума wiki.db и папка для статических файлов практикума assets\doc.

В ней для каждой дисциплины цикла нужно создать папки с её названием, а в ней папки Теоретическое введение, Программы, Задания. В папке Теоретическое введение размещаются pdf-файлы Теоретических разделов, например, лекций, в папке Программы — текстовые файлы исполняемых программ с комментариями в формате .py, в папке Задания — тексты заданий к данному разделу дисциплины со ссылками на исполняемые программы. В режиме администрирования для данной дисциплины создаётся работа с её названием и далее связанные с этой работой задания по разделам (лекциям дисциплины). Для каждого раздела создаются задания со ссылками на используемые программы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение современной компьютерной алгебры и методов защиты информации предполагает практическое освоение методов реализации алгебраических операций различных алгебраических структур и анализа их вычислительной сложности, а также использование алгебраических библиотек для реализации защищённых телекоммуникационных протоколов. При этом изучается также дистанционное взаимодействие участников информационного обмена. Для реализации этих особенностей преподавания подобных дисциплин и предназначен рассмотренный в данном докладе дистанционный ЭОР Алгебраический процессор НИУ «МЭИ». Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 14-01-00671а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Фролов А.Б., Винников А.М., Гашков С.Б., Крыгин М.А.** Дистанционный электронный образовательный ресурс «Алгебраический процессор НИУ «МЭИ» // Современные информационные технологии и ИТ-образование: Сборник избранных трудов VIII международной научно-практической конференции; под ред. В.А. Сухомлина. М.: ИНТУИТ.РУ, 2013. С. 267—273.
2. **Фролов А.Б., Винников А.М., Крыгин М.А., Марьин Н.Ю.** Алгебраический процессор для моделирования многосторонних вычислений // Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования — ИНФОРИНО—2014» (Москва, 15—16 апреля 2014 г.). М.: Издательство МЭИ, 2014. С. 485—488.
3. **Frolov A., Vinnikov A.** FSM Simulation of Cryptographic Protocols Using Algebraic Processor // Proceedings of the Ninth International Conference on Dependability and Complex Systems DepCoS-RELCOMEX. June 30 — July 4. 2014. Vol. 286. Brunow. Poland of the series Advances in Intelligent Systems and Computing. P. 189—198
4. **Программное средство «Алгебраический процессор»** / А.Б. Фролов, С.Б. Гашков, А.Ю. Белова и др. В кн. Информатизация инженерного образования. Электронные образовательные ресурсы «МЭИ». Вып. 3. М.: Издательский дом МЭИ, 2008. С. 271—274.
5. **Фролов А.Б., Гашков С.Б., Винников А.М.** Электронный образовательный ресурс «Алгебраический процессор» // Труды VI Международной научно-практической конференции «Современные информационные технологии и ИТ-образование», 12—14 декабря 2011.М., 2011. С. 599—606.
6. **Болотов А.А., Гашков С.Б., Фролов А.Б. Часовских А.А.** Элементарное введение в эллиптическую криптографию. Алгебраические и алгоритмические основы. — Изд. 2-е, доп. М.: КомКнига, 2012.
7. **Болотов А.А., Гашков С.Б., Фролов А.Б.** Элементарное введение в эллиптическую криптографию. Протоколы криптографии на эллиптических кривых. — Изд. 2, доп. М.: КомКнига, 2012.
8. **Guido van Rossum.** Python/C API Reference Manual. CreateSpace, 2009.
9. **Винников А.М., Фролов А.Б.** Версии алгебраического процессора НИУ «МЭИ» для поддержки циклов дисциплин // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2015. Т. 1 (№ 11). С. 141—144.

A.M. Vinnikov¹, A.B. Frolov²

al.vin@bk.ru; abfrolov@mail.ru

¹LC “SoftEngineering”, Moscow

²National Research University «MPEI», Moscow

REMOTE E-LEARNING RESOURCE IN MODERN COMPUTER ALGEBRA AND ITS APPLICATIONS

SUMMARY

The report is devoted to experience of using the remote version of the algebraic processor NRU «MPEI» in learning of modern computer algebra and methods of information protection for students in the direction of applied mathematics and informatics at the National Research University «Moscow Power Engineering Institute».

ВНЕДРЕНИЕ 3D-РЕШЕНИЙ И ТРЕНАЖЁРНОЙ ПОДГОТОВКИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС

АННОТАЦИЯ

Приводится сравнение и основные особенности современных программных комплексов, используемых в образовательном процессе, а также применяемых на различных стадиях реализации проектов создания энергообъектов. Показаны основные возможности современного программного обеспечения трёхмерной реальности (3D) на различных стадиях проектирования. Показаны основные пути использования программного обеспечения (ПО).

Для исследования режимов работы, а также получения реального опыта управления современными паросиловыми и парогазовыми блоками используются различные тренажёры. Показаны особенности программно-аппаратных комплексов (ПАК) «Тренажёрная лаборатория тепловой электростанции с барабанными энергетическими котлами «Тренажёр блока 200 МВт Приморской ГРЭС» и ПАК «Тренажёр блока ПГУ-410 МВт Няганьской ГРЭС».

ВВЕДЕНИЕ

НИУ «МЭИ» на сегодняшний день входит в число научно-исследовательских центров России, где реализуются передовые научные достижения и инновации в области энергетики. За годы реализации программы НИУ было закуплено самое современное научно-исследовательское оборудование, оснащены лаборатории и кафедры. Помимо научных и практических исследований, НИУ «МЭИ» осуществляет подготовку и переподготовку высококвалифицированных специалистов для отрасли. С целью совершенствования образовательного процесса на всех ступенях подготовки на кафедре ТЭС был создан «Центр подготовки и переподготовки в области общей энергетики и тепловых электростанций» — Центр тренажёрной подготовки и 3D-проектирования. На сегодняшний день этот центр аккумулирует самые современные технологии, такие как интерактивное обучение специалистов энергокомпаний, тренажёрная подготовка персонала электростанций, работающих на энергоблоках ТЭС, внедрение прогрессивных 3D-технологий, которые позволят поднять процесс обучения на качественно новый уровень, установить более тесный контакт между слушателем, преподавателем, и тем «инструментарием», который используется в процессе обучения.

На сегодняшний день «Центр тренажёрной подготовки и 3D-проектирования» оснащён самым современным оборудованием и программным обеспечением. В частности, специально подготовленный класс на 20 рабочих мест оборудо-

ван программно-аппаратным комплексом для создания 3D-моделей оборудования и тренажёров, в состав которого входят: мобильная проекционная система виртуальной реальности Icatcher mini active с вычислительной портативной подсистемой; мобильная персональная система проектирования в виртуальной реальности Ibench mobile с вычислительной портативной подсистемой (рис.1); ПАК «Тренажёрная лаборатория тепловой электростанции с барабанными энергетическими котлами — «Тренажёр блока 200 МВт Приморской ГРЭС» и ПАК «Тренажёр блока ПГУ-410 МВт Няганьской ГРЭС»; «Среда динамического моделирования технических систем SimInTech».

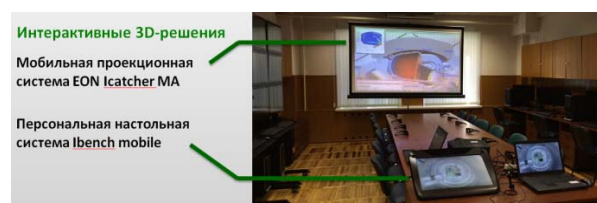


Рис. 1. Программно-аппаратный комплекс для создания 3D-моделей оборудования и тренажёров

Основные задачи созданного центра:

- повышение эффективности обучения и профессиональной подготовки;
- проведение исследований в рамках бакалаврских, магистерских и аспирантских работ, а также НИР и НИОКР;
- выход на новые рынки в области обучения и проведения тренингов;
- получение дохода от разработки интерактивных тренажёров;
- эффективное привлечение инвестиций.

Для осуществления поставленных целей привлекаются ведущие специалисты в области теплоэнергетики, осуществляются совместные проекты с компанией «КРОК», являющейся на сегодняшний день крупнейшим интегратором ИТ-услуг в России, заключаются договора на повышение квалификации специалистов отрасли.

1. ВОЗМОЖНОСТИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ 3D-ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ И НАУЧНЫХ ЦЕЛЯХ

Стратегический курс на увеличение доли современных высокотехнологичных типов ТЭС и АЭС, а также использование нетрадиционных источников энергии диктуют необходимость в разработке большого числа вариантов тепловых

схем, достоверном анализе различных технических предложений, оперативном и качественном проектировании энергообъектов, моделировании эксплуатационных особенностей вновь разрабатываемых и модернизируемых электростанций. При этом основой проектирования любой электростанции являлись и являются расчёты тепловых схем ТЭС [1] и дальнейшее выполнение полного проекта с разработкой компоновочных и планировочных решений. Использование 3D-технологий позволяет заказчику получить не только чертёжно-графический материал, но и визуальное трёхмерное представление о проектируемом энергообъекте. Заказчик ещё на предварительной стадии разработки проекта сможет совершить трёхмерную экскурсию по энергообъекту, получить представление о будущем оборудовании, начать процесс обучения персонала заранее, ещё до ввода объекта в эксплуатацию, что позволит сократить время на освоение и финансовые издержки.

Современные технические и интеллектуальные достижения, воплощённые в компьютерной технике и информационных технологиях оказывают значительное влияние на эффективность обучения студентов. Применение интерактивных методов обучения стимулирует и развивает познавательную деятельность обучающихся, их способность к самостоятельному творческому, профессиональному мышлению.

В связи с этим особую актуальность и интерес представляет возможность применения в учебном процессе интерактивных методов обучения в профессиональной подготовке будущих специалистов-теплоэнергетиков. Такой тип обучения способствует переосмыслению знаний как главного показателя образованности человека – они превращаются в средство развития личности студентов. Интерактивный («Inter» — это взаимный, «act» — действовать) означает взаимодействовать, находиться в режиме диалога. Другими словами, в отличие от активных методов интерактивные ориентированы на более широкое взаимодействие студентов не только с преподавателем, но и друг с другом, и на стимулирование активности студентов в процессе обучения. Преподаватель переходит от роли транслятора готовых знаний к выполнению функции одного из источников информации и помощника в работе, который организует самостоятельную познавательную деятельность студентов по исследованию явлений и процессов, а также самостоятельному решению поставленных задач.

Одним из путей применения интерактивных технологий в образовательном процессе является использование 3D-технологий. Разработанные 3D-модели основного и вспомогательного оборудования ТЭС (рис. 2) могут быть использованы для демонстрации конструктивных особенностей,

принципа работы, особенностей технического обслуживания, монтажа и т.д., что поднимает процесс обучения на качественно новый уровень, понятный и доходчивый для студента.



Рис. 2. Примеры реализации 3D-моделей энергетического оборудования

Использование 3D-проектирования заключается в следующем: преподаватель на экране создаёт наглядный образ изучаемого предмета, методично демонстрирует пошаговое построение 3D-модели с комментариями и пояснениями. Данный метод позволяет достичь студентам высоких результатов за короткий срок. С психологической точки зрения такая подача материала способствует созданию комфортной обучающей среды и более эффективному усвоению в сравнении с традиционной моделью обучения, когда студентам предлагается по методическим указаниям выполнять практическое задание без мультимедийных средств. Создание компьютерной модели является аналогом изготовления макета изделия или первого образца, но со значительно меньшими затратами материалов, труда и средств. На основе 3D-модели конструктивно отрабатываются все элементы и узлы изделия, выявляются недоработки, вносятся изменения, имеется возможность не только рассмотреть и изучить различные технические детали и механизмы в целом, но и мгновенно сделать их необходимые разрезы, а также разные проекции в трёхмерном изображении (рис. 3).

В процессе учебной деятельности при демонстрации готовых объектов в интерактивном режиме, когда рассматриваются различные проекции с выбором необходимого отображения, формируются элементарные умения преобразовывать форму предметов, изменять их положение и ориентацию в пространстве, развивается пространственное воображение и абстрактное мышление.

Интерактивное обучение позволяет решать одновременно несколько задач, главной из которых является развитие коммуникативных умений и навыков. Такое обучение помогает установлению эмоциональных контактов между обучаю-

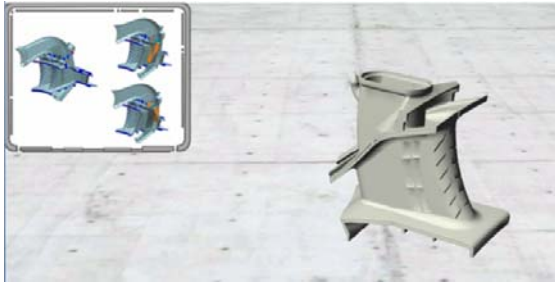


Рис. 3. Пример реализации 3D-модели лопатки газовой турбины

щимся, осуществляет воспитательную задачу, поскольку приучает работать в команде, прислушиваться к мнению своих товарищей, обеспечивает высокую мотивацию, прочность знаний, коммуникабельность, активную жизненную позицию, свободу самовыражения, раскрывает творческие способности с акцентом на профессиональную деятельность. В групповой работе возникают элементы соревнования и взаимодействия. Использование интерактивных форм в процессе обучения даёт возможность менять формы деятельности студентов, переключать внимание на ключевые вопросы занятий.

Преимуществами применения ПАК является то, что они позволяют: изучить проблему в условиях значительного сокращения времени; сформировать у студентов умение ориентироваться в нестандартных ситуациях; выявлять, анализировать и устанавливать причинно-следственные связи и действовать в конкретных профессиональных ситуациях; развивать навыки работы групповым методом при подготовке и принятии решений; устанавливать взаимопонимание между собой.

ФГОС ВПО 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» предусматривает при подготовке бакалавров наряду с традиционными формами и методами широкое использование активных и интерактивных форм проведения занятий. Например, в такой форме проводятся занятия по учебной практике студентов 1-го курса, что позволяет им освоить следующие компетенции:

- способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения (ОК-1);
- владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, использование компьютера как средства работы с информацией (ОК-11);
- готовность использовать информационные технологии в своей предметной области (ПК-1);
- способность формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде отчёта с его публикацией (ПК-7);
- способность проводить расчёты по типовым методикам с использованием стандартных

средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием (ПК-9).

Помимо этого ПАК может быть использован для разработки интерактивного тренинга отработки действий на объекте

2. ТРЕНАЖЁРНАЯ ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ

Другим аспектом работы «Центра тренажёрной подготовки и 3D-проектирования» является использование тренажёров для подготовки специалистов.

Тренажёрная подготовка позволяет обучить персонал правильной и эффективной работе при внештатных ситуациях. Она может осуществляться очно в специализированных классах «Центра подготовки» или дистанционно в оборудованном классе своего предприятия.

Основное назначение тренажёров — дать обучающимся глубокое понимание режимов работы оборудования, поскольку даже самых совершенных и натренированных моторных навыков управления оборудованием недостаточно, если оператор не понимает технологических процессов, которыми он управляет. Только тренажёры позволяют оператору получить это понимание. ПАК «Тренажёрная лаборатория тепловой электростанции с барабанными энергетическими котлами — «Тренажёр блока 200 МВт Приморской ГРЭС» и ПАК — «Тренажёр блока ПГУ-410 МВт Няганьской ГРЭС» обеспечивают следующие возможности в процессе обучения:

- выработку у обучающихся интеллектуальных навыков управления энергетическим оборудованием в наиболее сложных режимах его работы;
- глубокий анализ самых сложных режимов работы оборудования и совершенствование на этой основе режимных карт и эксплуатационных инструкций;
- опережающее обучение персонала и анализа режимов для новых типов энергоблоков, которые еще не введены в действие и не освоены в эксплуатации, а также для реконструируемого оборудования;
- совершенствование оперативной квалификации руководящего технического персонала ТЭС, которому в сложных технологических ситуациях нередко приходится принимать на себя руководство ведением режимов.

В «Центре подготовки», помимо ПАК, имеется в наличии система SimInTech. SimInTech — система автоматизированного проектирования логико-динамических систем, описываемых во входо-выходных отношениях, в виде систем обыкновенных дифференциальных уравнений и/или дифференциально-алгебраических уравнений, а также описываемых в виде расчётных («нодализационных») схем для специализированных решателей (расчётных кодов) термогид-

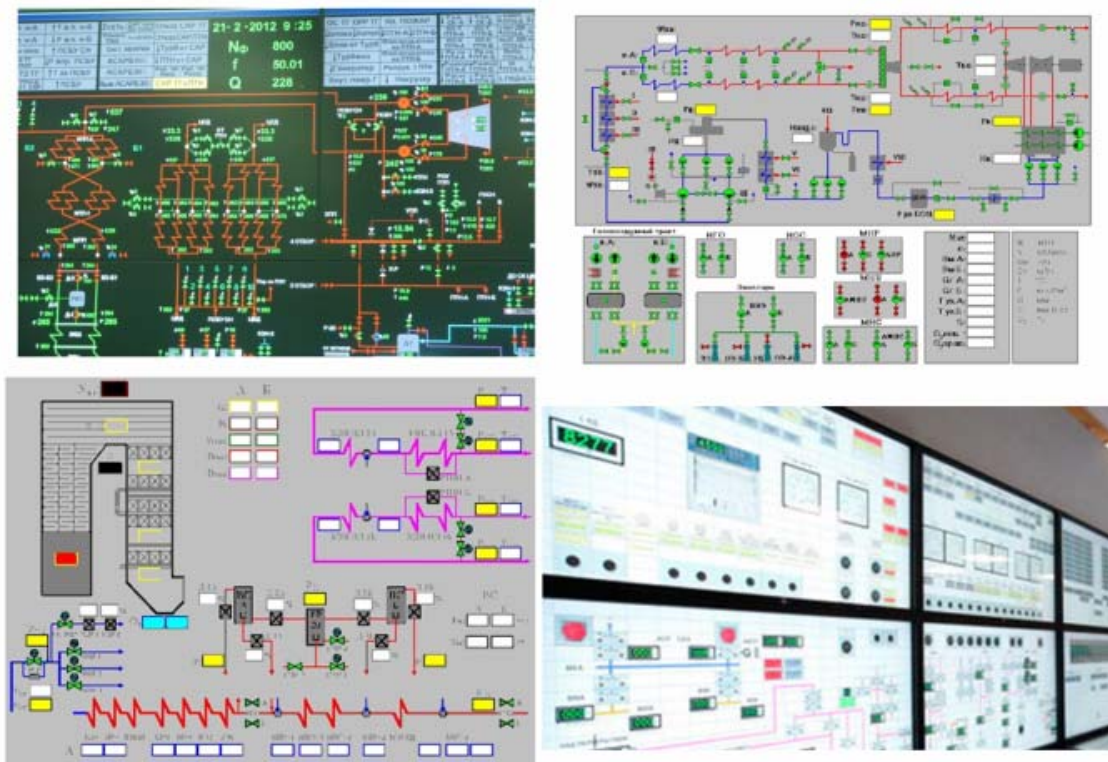


Рис. 4. Пример интерфейса тренажёра

родинамических и электромеханических процессов. Название SimInTech является сокращением от перевода на английский язык оригинального названия технологии ПК «МВТУ» (Моделирование в Технических Устройствах, Simulation In Technic).

Система SimInTech предназначена для детального исследования и анализа нестационарных процессов в ядерных и тепловых энергоустановках, в системах автоматического управления, в следящих приводах и роботах, в любых технических системах, описание динамики которых может быть представлено в виде системы дифференциально-алгебраических уравнений и/или реализовано методами структурного моделирования. Основными направлениями использования SimInTech являются создание моделей, проектирование алгоритмов управления, их отладка на модели объекта, генерация исходного кода на языке Си для программируемых контроллеров. Для SimInTech созданы и разрабатываются модули расширения, позволяющие создавать модели на базе специализированных расчётных кодов и интегрировать их в комплексные модели и проекты. Система позволяет:

- моделировать нестационарные процессы в физике, в электротехнике, в динамике машин и механизмов, в астрономии и т.д., а также использовать её для решения нестационарных краевых задач (теплопроводность, гидродинамика и др.);
- функционировать в многокомпьютерных моделирующих комплексах, в том числе и в сис-

темах удалённого доступа к технологическим и информационным ресурсам;

- функционировать как САПР при групповой разработке и сопровождении жизненного цикла изделия (проекта) при модельно-ориентированном подходе к проектированию.

Система SimInTech не имеет аналогов среди отечественного программного обеспечения; за рубежом аналогами SimInTech являются такие программные продукты, как SimuLink, MATRIX, VisSim, SimulationX и некоторые другие.

Области применения SimInTech

1. Проектирование автоматических регуляторов.
2. Проектирование алгоритмов логико-дискретного и функционально-группового управления.
3. Проектное расчётное обоснование алгоритмов автоматизированных систем управления технологическими процессами.
4. Программно-инструментальное средство разработки и функционирования модели АСУ ТП в составе полномасштабной модели объекта управления.

Возможности SimInTech

1. Универсальная модульная графическая оболочка, позволяющая реализовать возможность подключения сторонних модулей и создания расчётных схем различного класса в сочетании с возможностью создания видеокadres для отображения и управления расчётом.
2. Возможность моделирования систем различного типа в рамках единой оболочки с обме-

3. Моделирование и анализ систем управления.

4. Генерация кода для исполнительской системы.

5. Возможность удалённой отладки программ, собранных на целевой системе по сгенерированному коду, с выводом данных непосредственно на исходную схему алгоритма.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение современных программно-аппаратных комплексов в обучающий процесс, НИР и различные стадии проектирования позволит поднять качество подготовки специалистов отрасли, вывести уровень проектной документации на новые горизонты, сократить время подготовки проектной документации и исключить возможные технические ошибки на стадии реализации.

Создание оснащённых расчётно-технических баз в вузах на основе современных программных комплексов позволит внедрить их в учебный процесс и

систему повышения квалификации специалистов, обеспечивая тем самым энергетические предприятия подготовленными высококвалифицированными кадрами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Газотурбинные** энергетические установки: учебное пособие для вузов/ С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.С. Земцов, А.С. Осыка; под ред. С.В. Цанева. М.: Издательский дом МЭИ, 2011. 428 с., ил.
2. **Расчёт** котельных агрегатов с использованием современных программных продуктов: учеб. пособие / Г.И. Доверман, Б.Л. Шельгин, А.В. Мошкарин, Ю.В. Мельников // ГОУВПО ИГЭУ. Иваново: УИ-УНЛ ИГЭУ, 2007. 272 с.
3. **Технология** проектирования ТЭС и методы её компьютеризации / Н.Б. Ильичёв и др.; под ред. А.В. Мошкарина, В.Н. Нуждина. М.: Энергоатомиздат, 1997. 234 с.
4. **Невзгодин В.С., Радин Ю.А., Панько М.А.** Алгоритмические основы автоматизации пуска парогазовых установок большой мощности // Теплоэнергетика. 2007. № 10. С. 46—51.
5. **Суворова Н.Н.** Интерактивное обучение: Новые подходы. М.: Вербум, 2005. 42 с.

A.A. Dudolin, E.V. Makarevich., E. N. Oleynikova

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

INTRODUCTION OF 3D MODELS AND TRAINING PRACTICE IN EDUCATIONAL PROCESS

SUMMARY

Comparison and main features of modern software used in the educational process, and applied at various stages of realization of projects of creation of power facilities. The main features of modern software three-dimensional reality (3D) in various stages of design. The basic ways of using the software are shown. For the study of modes of operation, as well as gain real experience of managing a modern steam power and combined cycle units used various exercise machines. The features of hardware and Software complexes (HSC) "the training laboratory of a thermal power plant with drum boiler energy "a Simulator of 200 MW unit of Primorskaya GRES" and PAK "Simulator CСPP-410 MW of the Nyaganskaya power plant".

ИНФОРМАТИЗАЦИЯ И ГУМАНИТАРИЗАЦИЯ КАК СОСТАВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СОВРЕМЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён анализу двух необходимых составляющих современного образования — информатизации и гуманитаризации. Особую роль в подготовке специалистов современного уровня играет система инженерного образования, которая становится объектом гуманитаризации и комплексной информатизации.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время ведётся много споров о дальнейших путях развития образования. Образование постепенно превращается из элемента так называемой «надстройки» в базисный фактор общественно-исторического процесса. В Национальной доктрине образования Российской Федерации, рассчитанной на период до 2025 года, сказано, что приоритеты государственной политики в области образования связываются с обеспечением условий для соблюдения конституционных прав граждан на получение образования, условий самоопределения и саморазвития личности; созданием оптимальных условий для реализации менталитетобразующей функции образования на всех уровнях; строительством системы образования, адаптированной к новым взаимосвязям и взаимодействиям научного знания и практики, адекватной новым условиям жизнедеятельности; становлением развивающего типа образования как ведущего методологического вектора образовательного процесса; интеграцией российской образовательной системы в мировую образовательную систему [1].

Рассмотрению важных составляющих современного образования, отвечающих новым условиям жизнедеятельности общества, способствующих интеграции российской образовательной системы в мировую систему, посвящён данный доклад.

1. ГУМАНИТАРИЗАЦИЯ И ИНФОРМАТИЗАЦИЯ КАК ВАЖНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ В УСЛОВИЯХ МОДЕРНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

В соответствии с Национальной доктриной образования всё большую роль в модернизации образовательного процесса играют два направления — гуманитаризация и информатизация. На первый взгляд, эти две составляющие не связаны друг с другом, более того — противоречат друг другу. Однако каждая из них необходима для со-

временного образования. В условиях постиндустриальной цивилизации социальный прогресс возможен только при условии, если ценностной основой подготовки специалистов высшей квалификации становится гуманизм. Одним из методов утверждения гуманизма в обществе является гуманитаризация образовательной среды. В то же время само понятие «постиндустриальное общество» предполагает усиление роли информации. Вторым названием современной цивилизации наряду с «постиндустриальной» является «информационная цивилизация». Всё более нарастает зависимость человека от информационных средств.

В условиях модернизации образовательного процесса необходимо учитывать поступь времени. Изменяющееся общество требует подготовки специалиста, который не только владеет определённым объёмом знаний и умений, но и является носителем гуманитарной культуры. Специалист любого профиля должен быть способен занимать гуманитарную позицию в рамках своей профессии. Понимание гуманитарной позиции как и владение знаниями и умениями требует включения в образовательный процесс подготовки инженерных кадров новых информационных технологий.

2. ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В ИНЖЕНЕРНЫХ ВУЗАХ

В рамках информатизации образовательного процесса большую роль играет использование электронных ресурсов. Применение электронных образовательных ресурсов (ЭОР) является как бы «ответом» методической науки на «вызов» модернизационной парадигме современной жизни [2, С. 105].

Объектом информатизации является, прежде всего, инженерное образование. Студенты, получающие инженерные специальности, являющиеся нашей основной целевой аудиторией, наиболее остро чувствуют поступь постиндустриальной, информационной цивилизации.

Студенты инженерных вузов в наибольшей степени придают значение преподаванию любых дисциплин с помощью ЭОР. Студенты привыкли получать учебную, научную, бытовую информацию с экрана компьютера, телевизора, сотового телефона, планшета и другой новейшей электронной техники. В наш век экранной культуры молодое поколение легко осваивает любые новшества.

Электронные образовательные ресурсы, будь то лекционные презентации, различные формы дистанционного обучения, электронные учебные пособия, способны при умелом их использовании вывести образовательный процесс в вузах на более высокую ступень.

В результате при применении ЭОР на лекциях и семинарах студенты воспринимают информацию и визуально, и вербально, что положительно сказывается на уровне усвоения знаний. Использование современных технологий поднимает авторитет преподавателя в глазах студента. Информация, преподаваемая студенту доступным ему научным языком, становится для него более весомой. Повышается уровень оценки студентами самой дисциплины.

3. НЕОБХОДИМОСТЬ ГУМАНИТАРИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В ИНЖЕНЕРНЫХ ВУЗАХ

Гуманитаризация охватывает многие стороны образовательного процесса, включая дисциплины, преподаваемые в вузе, а также организационную и воспитательную работу. Тем не менее, большую роль в деле гуманитаризации образования, несомненно, играют гуманитарные дисциплины.

Студенты технических вузов особо нуждаются в серьёзном изучении вопросов культуры. Ведь если на гуманитарных факультетах так или иначе проблемы культуры исследуются в рамках многих дисциплин, которые преподаются там достаточно подробно, то в техническом вузе эти знания могут дать студенту только гуманитарные дисциплины. Будущий инженер должен стать не только хорошим «узким» специалистом, но и ответственным работником, патриотом страны. Как когда-то сказал Д.И. Менделеев, «нам особенно нужны образованные люди, близко знающие русскую природу, т.е. всю русскую действительность, для того чтобы мы могли сделать настоящие, самостоятельные, а не подражательные шаги в деле развития своей страны» [3, С. 273].

В современном мире нас всё более захватывают интеграционные процессы. Поэтому знание социокультурного развития различных человеческих обществ — социальных, религиозных, национальных поможет не только понять многообразный человеческий мир, но и избежать многих конфликтных ситуаций. Культура может и объединять, и разъединять людей. Знание её основных функций, особенностей, законов развития необходимо в профессиональных занятиях, в семейных отношениях, в кругу сверстников. Знания о культуре нужны каждому образованному человеку.

Современному студенту необходимо понимать слово «культура» не только с бытовых позиций, но и знакомиться с научными подходами, с различными концепциями, с разнообразием мнений относительно особенностей её развития в различных регионах и обществах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В современном образовательном процессе информатизация и гуманитаризация оказываются тесно связанными. Применение в процессе вузовского обучения электронных образовательных ресурсов является одним из основных методов нового подхода к образованию.

Внедрение гуманитарной составляющей в инженерно-техническое образование в современных условиях невозможно без такого компонента, как научное сопровождение. В том числе в блоке гуманитарных дисциплин большое значение имеет применение электронных ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Национальная** доктрина образования в Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.asf.ru/fpn.htm>. Модернизация российского образования. Министерство образования Российской Федерации. М., 2003.
2. **Ермишина Н.Д., Смирнова М.И.** Гуманитаризация образования как важнейшая часть культурного развития //Тенденции и динамика развития культуры в современной России: сборник научных трудов; под ред. А.Н. Чумакова. М.: Финансовый университет. 2013.
3. **Менделеев Д.И.** Заветные мысли. М.: Мысль. 1995.

N.D. Yermishina

nad-er@yandex.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

INFORMATIZATION AND HUMANIZATION AS INTEGRAL PARTS OF MODERN EDUCATION

SUMMARY

The report addresses two essential components of modern education Informatization and humanization. A special role in the training of specialists at the modern level system plays an engineering education, which becomes the object of humanization and Informatization of the complex.

РАЗРАБОТКА МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён рассмотрению особенностей успешного обучения. Для этого важен не столько набор знаний, сколько развитая способность получать знания, использовать имеющиеся навыки для решения различных учебных задач. Большие возможности при этом раскрываются при работе с компьютером.

ВВЕДЕНИЕ

В образовании мультимедиа используется для создания компьютерных учебных курсов (популярное название CBTS) и справочников, таких как энциклопедии и сборники. СВТ позволяет пользователю пройти через серию презентаций, тематического текста и связанных с ним иллюстраций в различных форматах представления информации. Теория обучения за последнее десятилетие была значительно развита в связи с появлением мультимедиа. Выделилось несколько направлений исследований, такие как теория когнитивной нагрузки, мультимедийное обучение и другие. Возможности для обучения и воспитания почти бесконечны.

Идея медиа-конвергенции также становится одним из важнейших факторов в сфере образования, особенно в сфере высшего образования. Отдельные технологии, такие как голосовые (и функции телефонии), базы данных (и производные приложения), видео-технологии, которые сейчас совместно используют ресурсы и взаимодействуют друг с другом, создавая новые оперативности. Медиа-конвергенция — это стремительно меняющийся учебный курс дисциплин, преподаваемых в университетах по всему миру.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МУЛЬТИМЕДИА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Применение мультимедийных технологий в образовании имеет неоспоримые преимущества по сравнению с традиционным обучением:

- использование цветной графики, анимации, звукового сопровождения, гипертекста;
- возможность постоянного обновления, редактирования информации;
- возможность размещения в презентации интерактивных веб-элементов (тестов, рабочих тетрадей).

Среди мультимедийных средств (ММС) для обучения нужно отметить активное распространение электронных средств учебного назначения и дистанционных сетевых курсов. В состав ММС входят: программа, направленная на достижение заданных дидактических целей при обучении той или иной учебной дисциплине; комплект техни-

ческой и методической документации; набор вспомогательных средств.

Классификация ММС:

- обучающие программы, направляющие обучение исходя из имеющихся у учащегося знаний и его индивидуальных предпочтений; как правило, они предполагают усвоение новой информации;
- тестовые программы предназначены для диагностирования, оценивания или проверки знаний, способностей и умений;
- тренировочные программы рассчитаны на повторение и закрепление пройденного, не содержащее нового учебного материала.

Программ для создания мультимедийных оболочек довольно много, но все они имеют общие черты. У каждой из них есть редактор, в котором создаются мультимедийные проекты (демонстрации, презентации), а также небольшой просмотрщик (вьювер, плеер), который можно распространять вместе со своими творениями. В данном редакторе вы оперируете объектами: выстраиваете в ряд кнопки, подгоняете рисунки, ставите на место текст. Все это очень напоминает работу в векторном редакторе.

При этом создаваемый кадр — это не статичный рисунок, а интерактивная среда, которая откликается на действия пользователя. Проект состоит из множества кадров. Нажимая на кнопки, пользователь перемещается между кадрами, запускает внешние приложения, переходит на Web-сайты. При желании всё может сопровождаться анимацией и звуками. Многие редакторы позволяют упаковать проект со всеми звуками, видеовставками и рисунками в один компактный exe-файл для дальнейшего распространения.

2. МУЛЬТИМЕДИЙНЫЕ ПРОГРАММЫ

Рассмотрим несколько примеров специальных программ.

1. Multimedia Builder — удобная и мощная программа для создания мультимедийных оболочек, которая уже успела обрести популярность благодаря встроенным MP3- и CD-плеерам, возможностям создавать окна произвольной формы и компилировать оболочку в один сжатый exe-файл. Встроенный скриптовый язык с переменными, массивами, циклами и условиями помогает создавать сложные проекты. В то же время простые действия можно выполнять, не прибегая к программированию. Без скриптов можно запускать программы, проигрывать звуки, перемещаться между кадрами, прятать и показывать объекты.

2. LCDS — приложение для создания электронных учебников. Приложение LCDS (Learning Content Development System) или Система разработки электронных учебников — это средство для быстрого создания интерактивных приложений. LCDS разработано для тех, кому нужно быстро и без особых усилий создать электронное средство обучения по выбранной тематике в формате XML. К счастью, знание XML для работы в LCDS не требуется. Это позволяет фокусироваться только на содержании учебника, создавая электронные интерактивные мультимедийные учебники, удовлетворяющие всем современным требованиям, в которых используются все возможности XML приложений. LCDS позволяет:

- автору создавать интерактивное приложение с интересным содержанием, производить предварительный просмотр созданного курса на любом этапе разработки в том виде, который увидят пользователи готового продукта;
- легко перестроить в любое время структуру курса и внести любые изменения;
- использовать различные языки написания.

Всё это достигается с помощью множества различных шаблонов. Возможности скриптового языка включают управление объектами, поиск по тексту проекта, запуск внешних программ, переход по ссылкам, математические и строковые операции, работу с файлами и с реестром, печать, проигрывание звуков через колонки и через PC-Speaker. Поддерживаются переменные, массивы, условия, циклы и процедуры.

3. Microsoft PowerPoint — программа для создания презентаций. По сравнению с другими программами возможности Microsoft PowerPoint весьма ограничены. Просмотрщик PowerPoint Viewer занимает более 1,5 Мбайт. Чтобы использовать мощный скриптовый язык VBA, нужно установить на компьютер сам PowerPoint. Для работы с вложенными диаграммами потребуется Excel.

PowerPoint отличается неплохими эффектами анимации, стабильной работой, подробной справкой. Программа полностью интегрирована с остальными приложениями пакета Microsoft Office (например, можно строить диаграммы и пользоваться таблицами Excel через OLE).

Таким образом, PowerPoint скорее подходит для создания презентаций, чем для написания обучающих программ и меню для CD-R. Хотя из-за доступности, простоты и удобства интерфейса PowerPoint используют во многих российских школах как генератор «обучалок».

4. DemoShield — это мощная программа, нацеленная прежде всего на создание демонстраций и обучающих программ. С её помощью нетрудно создать пошаговую демонстрацию возможностей вашей программы: сделать скриншоты и связать их между собой таким образом, чтобы, работая с демонстрацией, пользователь считал, что видит перед собой реальное приложение. Основной недостаток демонстраций в том, что их достаточно сложно обновлять. Другая проблема —

DemoShield не может автоматически уменьшать число цветов, когда делает скриншот.

Данная программа содержит весьма полезные средства автоматизации. К преимуществам программы относятся следующие: поддержка форматов AVI, WAV, MP3 и MIDI, упаковка демонстрации в один exe-файл, внутреннее сжатие вложенных файлов. Действия позволяют запускать внешние программы, посылать нажатия клавиш, управлять объектами, перемещать курсор мыши, проигрывать звуки и видео. Размер просмотрщика — менее 500 Кбайт в несжатом виде. Просмотрщик DemoShield может открывать Web-страницы в браузере, посылать почту и закачивать рисунки, видео и звук из Интернета. Программу DemoShield чаще всего используют в крупных корпорациях.

5. Multi Install — это программа, которая создаёт меню для компакт-диска. Вы вводите список программ, разбитый по категориям, при желании указываете размер, системные требования, фамилию автора программы и другие сведения. Можно добавлять программы в архивах, можно показывать скриншот программы, текстовый файл или HTML-страницу. Поддерживаются графические форматы gif, bmp или jpg, музыка в формате MP3 и парольная защита создаваемого меню. Скины позволяют изменить внешний вид меню. Программа бесплатна и поставляется с исходными текстами на Delphi 4/5.

6. AutoPlay Media Studio — достаточно известная программа, создающая меню для CD. Разработчиками обещаны поддержка нескольких языков, серийные номера и пароли, шаблоны и клипарт, стандартный набор звуков, условия, переменные, пользовательские курсоры и шрифты.

7. Flash — это профессиональный пакет векторной анимации для Интернета. Создание 84 простых меню для CD на Flash хотя и возможно, но не слишком удобно — например сделать окно произвольной формы или переместить курсор мыши уже не получится.

Adobe Flash используется для создания и редактирования векторной анимации, позволяет быстро и эффективно создавать мультимедийные интернет-приложения: баннеры, анимационные ролики, интерфейсы и т.д., а также flash-презентации высокого качества. Сегодня Flash стоит на вооружении веб-дизайнеров и веб-разработчиков. Преимуществом Flash является использование векторной графики, что в свою очередь уменьшает размеры файлов, а следовательно, и сокращает время загрузки. Также файлы легко масштабируемы, что позволяет сохранять пропорции сайта, меняя окно браузера.

Flash прост в использовании, обладает удобным интерфейсом, широким набором инструментов. Легко и быстро импортирует файлы из других программ компании Adobe System, таких как Adobe Illustrator и Adobe Photoshop, что очень облегчает и ускоряет разработку приложений. Поэтому инструментальная среда Flash наиболее

часто используется в области создания мультимедиа продуктов учебного назначения.

3. МЕТОДИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МУЛЬТИМЕДИА-ТЕХНОЛОГИЙ НА УРОКЕ ИНФОРМАТИКИ

Мультимедиа — это представление объектов и процессов не традиционным текстовым описанием, но с помощью фото, видео, графики, анимации, звука, т.е. во всех известных сегодня формах. Здесь мы имеем два основных преимущества — качественное и количественное. Количественные преимущества выражаются в том, что мультимедиа-среда много выше по информационной плотности.

Методика использования мультимедиа-технологий на уроке информатики предполагает:

- совершенствование системы управления обучением на различных этапах урока;
- улучшение качества обучения и воспитания, что повысит информационную культуру учащихся;
- повышение уровня подготовки учащихся в области современных информационных технологий;
- демонстрацию возможностей компьютера, не только как средства для игры.

Мультимедийные уроки информатики помогают решить следующие дидактические задачи:

- усвоить базовые знания по предмету;
- систематизировать усвоенные знания;
- сформировать навыки самоконтроля;
- сформировать мотивацию к учению в целом и к информатике в частности;
- оказать учебно-методическую помощь учащимся в самостоятельной работе над учебным материалом.

Мультимедиа-программы представляют информацию в различных формах и тем самым делают процесс обучения более эффективным. Экономия времени, необходимого для изучения конкретного материала, в среднем составляет 30 %, а приобретённые знания сохраняются в памяти значительно дольше. При использовании на уроке мультимедийных технологий структура урока принципиально не изменяется. В нём по-прежнему сохраняются все основные этапы, изменяются, возможно, только их временные характеристики.

Структурная компоновка мультимедийной презентации с применением гипертекстовых ссылок развивает системное, аналитическое мышление. Кроме того, с помощью презентации можно

использовать разнообразные формы организации познавательной деятельности: фронтальную, групповую, индивидуальную. Мультимедийная презентация, таким образом, наиболее оптимально и эффективно соответствует триединой дидактической цели урока:

Образовательный аспект: восприятие учащимися учебного материала, осмысливание связей и отношений в объектах изучения.

Развивающий аспект: развитие познавательного интереса у учащихся, умения обобщать, анализировать, сравнивать, активизация творческой деятельности учащихся.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как правило, большинство педагогов и учеников, так или иначе знакомых с компьютерной техникой, к числу аппаратных мультимедиа-средств безошибочно относит акустические системы (колонки), звуковую карту (плату) компьютера, микрофон, специальную компьютерную видеокамеру и, возможно, джойстик. Все эти приборы действительно являются распространёнными компонентами мультимедиа-аппаратуры, достаточно просты в использовании, имеют достаточно понятное предназначение и не требуют какого-либо детального описания в настоящем докладе. К числу современных средств, в первую очередь, необходимо отнести интерактивные мультимедиа доски.

В интерактивной доске объединяются проекционные технологии с сенсорным устройством, поэтому такая доска не просто отображает то, что происходит на компьютере, а позволяет управлять процессом презентации (двустороннее движение!), вносить поправки и коррективы, делать цветом пометки и комментарии, сохранять материалы урока для дальнейшего использования и редактирования. К компьютеру и, как следствие, к интерактивной доске может быть подключён микроскоп, документкамера, цифровой фотоаппарат или видеокамера. И со всеми отображёнными материалами можно продуктивно работать прямо во время урока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вакулук В. Мультимедийные технологии в учебном процессе // Высшее образование в России. 2003. №2.
2. Можеева Г.В., Тубалова И.В. Как подготовить мультимедиа курс?: методическое пособие для преподавателей. Томск: Изд-во Том.ун-та, 2002.
3. Дронов М.А. Macromedia Flash Professional 8. Графика и анимация. СПб.: БХВ-Петербург, 2006. 656 с.
4. Сербин В.В. Технология создания электронных учебно-методических комплексов средствами мультимедиа. Алматы, 2004.

В.К. Japarova

Bakowa_1990@mail.ru

Kazakh humanitarian-legal innovtive university, Semipalatinsk

DEVELOPMENT MULTIMEDIA LEARNING TOOLS

SUMMARY

The report focuses on the issues of information system of modern education and the identification of the possibilities of using multimedia in the learning process. The report lists the means of information media used in the educational process. Also, the report examines the terms "multimedia", lead a list of the actual hardware, which are often used by teachers. In addition, the report identifies the purpose of the use of multimedia as a learning tool, highlighting their basic properties.

ЭЛЕКТРОННЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ РЕСУРС «ОСНОВЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ НА С++»

АННОТАЦИЯ

В докладе рассматривается электронный образовательный ресурс по основам программирования на языке С++, представлена общая структура дисциплины в ОРИОКС, структура и содержание данного ресурса, рассмотрена технология его использования при обучении студентов.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время большое внимание уделяется использованию электронных образовательных ресурсов (ЭОР) в учебном процессе вуза. Одним из требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) является обеспечение доступа к электронным образовательным ресурсам дисциплин через электронную информационную образовательную среду вуза [1]. Перед вузами стоит задача не только создания такой среды, но и наполнения ее ЭОР.

В МИЭТ создана и функционирует электронная информационно-образовательная среда, реализованная на базе информационно-технологической платформы ОРИОКС, в которой преподаватели дисциплин работают с ЭОР, публикуя, заменяя или удаляя их при необходимости. В рамках реализации программы НИУ «МИЭТ» была проделана огромная работа по наполнению ОРИОКС электронными образовательными ресурсами по всем реализуемым образовательным программам МИЭТ.

1. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ В ОРИОКС

Дисциплина в ОРИОКС имеет обязательную часть и не менее одного модуля. Обязательная часть включает рабочую программу, аннотацию дисциплины, список литературы, методические рекомендации и другие элементы (рис. 1).

Каждый модуль также может иметь аннотацию и методические указания по его изучению, но помимо этого — тексты лекций, презентации, задания для практических работ, лабораторные практикумы, контрольные задания или тесты, материалы для самостоятельной работы и т.п. (рис. 2). Количество информационных ресурсов, входящих в состав дисциплины, не ограничено. Каждый ресурс может быть любого формата: это и текстовые документы и видеофайлы, и графические иллюстрации, самое главное, чтобы на компьютере пользователя была возможность их просмотра.

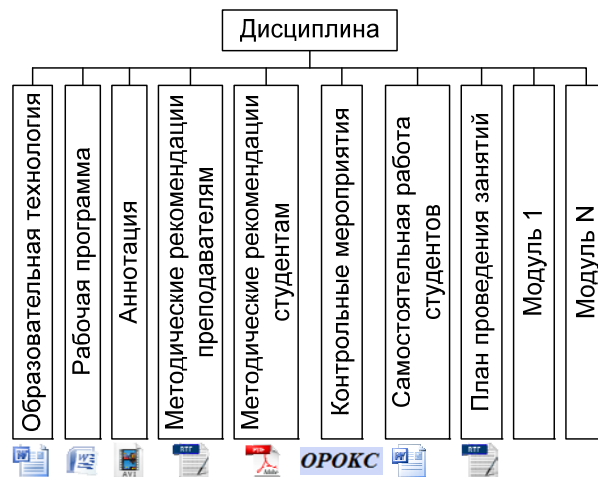


Рис. 1. Структура методического обеспечения дисциплины

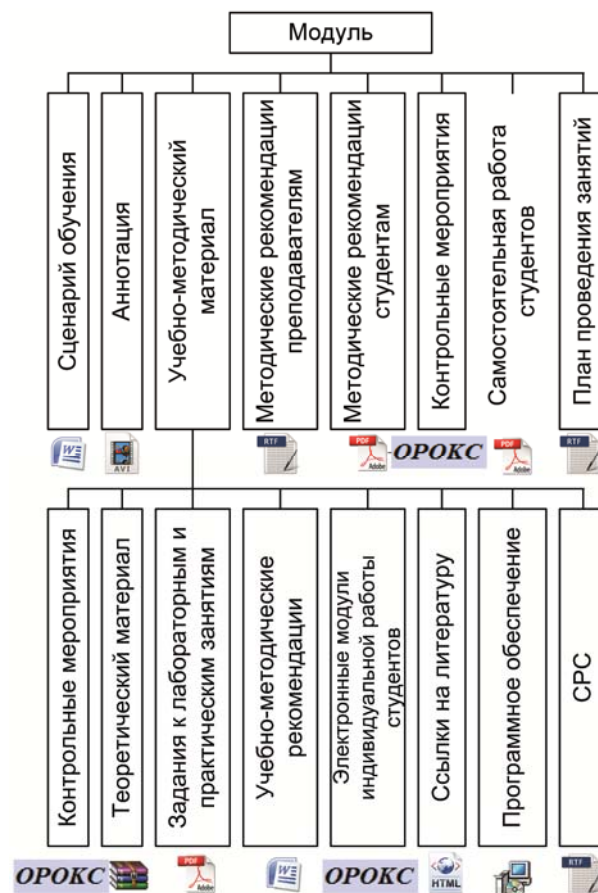


Рис. 2. Структура методического обеспечения модуля дисциплины

2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ОСНОВАМ ПРОГРАММИРОВАНИЯ НА C++ В ОРИОКС

В обязательную часть дисциплины входят рабочие программы дисциплин для различных лет наборов студентов и по разным образовательным программам. Для правильного отображения их на сайте МИЭТ рабочие программы промаркированы. Также обязательная часть содержит аннотацию по дисциплине, методические указания студентам, в том числе и обучающимся с применением дистанционных образовательных технологий, методические рекомендации преподавателям по организации и проведению занятий по дисциплине, список литературы, ссылку на внешний ресурс по языку программирования C++, вопросы к экзамену (рис. 3).























Дисциплина: Программирование на языке высокого уровня C++			
13-03-2014	Аннотация на C++	Аннотация	 
22-07-2015	 Рабочая программа по ПЯВУ. C++	Сценарий обучения	 
07-10-2015	 Рабочая программа по программированию на языке высокого уровня. C++ (заочная)	Сценарий обучения	 
16-10-2015	 Рабочая программа по ПЯВУ. C++ (230700)	Сценарий обучения	 
23-10-2013	 Методические рекомендации студентам	Методическая рекомендация студентам	 
11-03-2015	Методические указания для студентов ФДДО	Методическая рекомендация студентам	 
23-10-2013	Методические указания преподавателям (24.10.13)	Методическая рекомендация преподавателям	 
26-12-2014	Введение в язык C++.	Ссылки на литературу	 
20-11-2014	2014. Вопросы к экзамену	Вопросы к промежуточной аттестации	 

Рис. 3. Фрагмент содержания основной части ЭОР

Дисциплина состоит из одного модуля, в котором имеется теоретический материал, представленный в виде презентаций, озвученных преподавателем, и в виде простого набора слайдов, что позволяет студентам, пропустившим занятия, изучить материал самостоятельно. В конце каждой теоретической части темы приведены задания для практической самостоятельной работы.

По каждой теме, за исключением последней, существуют модули для компьютерного тестирования, а по некоторым темам используются видеоролики, демонстрирующие наиболее сложные алгоритмы обработки данных. Также имеется дополнительный справочный материал по языку программирования C++ (рис. 4).



















Модуль: Основы программирования			
09-02-2015	Лабораторный практикум по курсу «Информатика и программирование»: В 2-х частях. Ч. 1	Учебно-методические рекомендации	 
09-02-2015	Переменные, типы данных, управляющие конструкции. Часть 1	Теоретический материал	 
09-02-2015	Переменные, типы данных, управляющие конструкции. Часть 2	Теоретический материал	 
09-02-2015	Переменные, типы данных, управляющие конструкции. Часть 3	Теоретический материал	 
09-02-2015	Семинар 1. Программирование линейных алгоритмов	Теоретический материал	 
09-02-2015	Семинар 1. Видеоролик	Теоретический материал	 
09-02-2015	Семинар 1. Основные арифметические операции и мат функции C++	Теоретический материал	 
09-02-2015	Практическое занятие 1	Задание к практическим занятиям	 
09-02-2015	Задания к семинару по теме "Линейные алгоритмы"	Задание к практическим занятиям	 

Рис. 4. Фрагмент содержания модуля ЭОР

В ЭОР дисциплины подключены к внешним ресурсам, в которых изложен теоретический материал по самому языку программирования. Всего в дисциплине в ОРИОКС опубликовано более 50 ресурсов.

Хотя система ОРИОКС позволяет выстраивать последовательность ресурсов, для студента остается непонятным, сколько ресурсов он должен изучить в течение первой или второй недели семестра.

В этом случае помогает другая возможность ОРИОКС, заложенная в реализации структуры и в графике контрольных мероприятий. Преподаватель планирует учебные мероприятия (лекции, семинары, лабораторные и контрольные работы) по неделям (рис. 5) и прикрепляет к каждому из них необходимые ресурсы (рис. 6).


































							П-21 (2014 г., бакалавры)	П-22 (2014 г., бакалавры)
							Учебная неделя	
Действия	Сорт.	Шифр	Тип	Макс.	Мин.	Название		
  								
  	0	ЛР-1	Лабораторная работа	2	1	Программирование задач с использованием ветвящихся алгоритмов		
  	1	T-1	Тест	5	2.5	Линейные алгоритмы		
  	2	T-2	Тест	5	2.5	Ветвящиеся алгоритмы		
  	0	СР-1	Самостоятельная работа	3	0	СРС. Ветвящиеся алгоритмы		
  	0	T-3	Тест	5	2.5	Циклы		
  	0	ЛР-2	Лабораторная работа	2	1	Программирование задач с использованием циклических алгоритмов		

Рис. 5. Фрагмент графика контрольных мероприятий

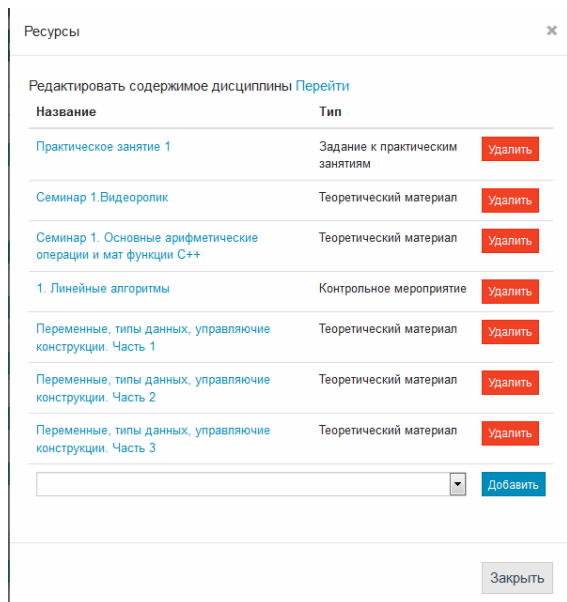


Рис. 6. Подключение ресурсов к этапу обучения



Рис. 7. Фрагмент графика контрольных мероприятий

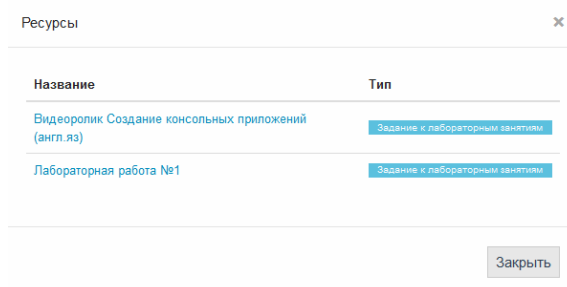


Рис. 8. Доступ к ресурсам через график контрольных мероприятий

Таким образом, студент имеет доступ к ресурсам как через график контрольных мероприятий (рис. 7, 8), так и через общее хранилище доступных ему ресурсов по дисциплине (рис. 9).

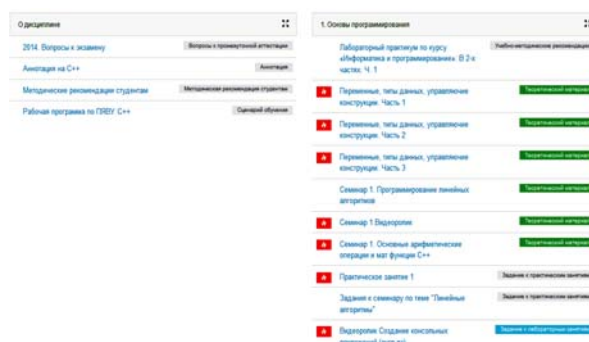


Рис. 9. Фрагмент полного содержания дисциплины в ОРИОКС

3. ТЕХНОЛОГИЯ ОБУЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭОР

На подготовительном этапе до начала семестра преподаватель корректирует ресурсное содержание дисциплины, составляет график контрольных мероприятий и прикрепляет информационные ресурсы, систематизируя ресурсное содержание дисциплины [3].

Дисциплина включает практические занятия, лабораторные работы и самостоятельную работу. Все аудиторские занятия проводятся в компьютерном классе.

Несмотря на наличие озвученных презентаций по каждому семинару, преподаватель первую часть занятия даёт теоретические сведения по теме. Студенты имеют возможность открыть слайдовую презентацию и следить за объяснением за своим компьютером.

Вторая часть занятия посвящена выполнению практических заданий, приведённых в конце каждой презентации. В этом случае студентам предоставляется выбор решать примеры в тетради или в среде программирования Visual Studio. Все решения обсуждаются, преподаватель указывает на ошибки, объясняя их.

На лабораторных работах студенты демонстрируют выполненные при домашней подготовке задания из лабораторного практикума, опубликованного в ЭОР. Преподаватель проверяет правильность выполнения, способность студента объяснить алгоритм работы и операторы программы, а также ответить на дополнительные вопросы.

Самостоятельная работа заключается в решении примеров, не рассмотренных ни на семинарах, ни на лабораторных занятиях. Решённые примеры присылаются на электронную почту преподавателя, который проверяет правильность выполнения.

Важным этапом контроля освоения дисциплины является компьютерное тестирование, которое выполняется перед каждой лабораторной работой.

Как правило, тест состоит из 10 вопросов и на него отводится не более 10 мин. В тесте студенты или выбирают правильные ответы из предло-

Выберите оператор цикла с параметрами

- while
- switch
- do while
- for
- break

Рис. 10. Пример вопроса теста с выбором ответов

Введите оператор, обеспечивающий пропуск оставшихся операторов тела цикла и переход к следующей итерации цикла

Рис. 11. Пример вопроса теста с вводом ответа

Компьютерная практика (3 семестр)			
16 октября 2015	Отчёт по лабораторным работам	Лабораторная работа	Удалить ✖
Программирование на языке высокого уровня C++ (2 семестр)			
19 мая 2015	Отчёт по лабораторным работам	Лабораторная работа	Удалить ✖

Рис. 12. Пример портфолио студента

женного списка (рис. 10), или должны ввести ответ (рис. 11), который проверяется автоматически.

В конце обучения по дисциплине студенты оформляют отчёт по всем лабораторным работам дисциплины и выкладывают своё портфолио в ОРИОКС (рис. 12). Преподаватель также имеет доступ к отчетам студентов по каждой его дисциплине (рис. 13)

23 мая 2015	Отчет	Лабораторная работа
23 мая 2015	Отчёт	Курсовая работа
05 июня 2015	Отчёт по лабораторным работам	Лабораторная работа
28 мая 2015	Итоговый отчет по лабораторному практикуму	Лабораторная работа
20 мая 2015	Отчет по лабораторным работам №1-7	Лабораторная работа

Рис. 13. Пример портфолио по дисциплине

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование ЭОР, с одной стороны, обеспечивает выполнение требований ФГОС ВО, с другой стороны, предоставляют возможность преподавателю останавливаться при объяснении на наиболее существенных трудных частях дисциплины, а студентам повторно просмотреть материал, изложенный на семинаре, что, несомненно, повышает качество и эффективность обучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Федеральный** образовательный стандарт высшего образования. [Электронный ресурс]. URL: <http://fgosvo.ru/fgosvo/92/91/4>
2. **Информационное** обеспечение студентов МИЭТ электронными информационными ресурсами реализации обучения / Е.О. Береза, А.А. Голятина, И.Г. Игнатова, Н.Ю. Соколова // Труды ИНФОРИНО 2014. М.: Издательство МЭИ, 2014. С. 507—508.
3. **Реализация** в информационно-технологической платформе поддержки контроля результатов обучения студентов НИУ «МИЭТ» / С.С. Богомолова, И.Г. Игнатова, И.Н. Корюков, Н.Р. Масюта // Труды всероссийской научно-практической конференции «Электронное обучение в непрерывном образовании 2014». Ульяновск: УлГТУ. Т. 1. 2014. С. 212—217.

I.G. Ignatova, N.Y. Sokolova

igi@miee.ru, dre@miee.ru

National Research University of Electronic Technology, Moscow

ELECTRONIC EDUCATIONAL RESOURCES «FUNDAMENTALS OF PROGRAMMING IN C ++»

SUMMARY

The report reviews the electronic educational resources on the basics of programming in C ++, a common structure discipline in ORIOKS, structure and content of the resource, is considered the technology of its use in teaching students.

МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ НА ОСНОВЕ ГЕНЕРАТОРА ЗАДАЧ И СЕРВИСА YOUTUBE

АННОТАЦИЯ

Изложен опыт преподавания прикладных задач теории вероятностей в механике. Основой для проведения лекций и практических занятий являются авторские задачи теоретической механики, сопротивления материалов и строительной механики с детерминированными и случайными данными. Для многовариантных индивидуальных заданий создан отдельный блок в генераторе задач. Все задачи снабжены рисунками и ответами. На сайте vuz.exponenta.ru расположены соответствующие свободно скачиваемые программы в системе Maple.

ВВЕДЕНИЕ

Задачи в студенческих курсах теоретической механики, сопротивления материалов и строительной механики, как правило, содержат детерминированные данные — массы, нагрузки, размеры. С одной стороны, это соответствует целям, поставленным в этих дисциплинах, — обучить основам наук. С другой стороны, в дальнейшем, в своей практической работе инженер имеет дело с величинами случайными. Модуль упругости, предел прочности, размеры и нагрузки, если это только не модельная задача, никогда не даются точно. Отсюда и необходимость постановки задачи теории вероятностей в механике. Одним из первых, кто занялся этой проблемой, был академик Н.С. Стрелецкий [1]. Большой вклад в теорию вероятностей и математической статистики внёс профессор МЭИ академик В. В. Болотин [2—4]. Следует также отметить труды профессора кафедры теории упругости МГУ В.А. Ломакина [5].

1. ГЕНЕРАТОР ЗАДАЧ

Задачи методического комплекса получены в генераторе задач [6, 7]. За основу взяты уже готовые и хорошо зарекомендовавшие на практических занятиях многовариантные задачи по теоретической механике и сопротивлению материалов [8, 9]. Для замены детерминированных данных на случайные и вычисления математического ожидания результата (или вероятности какого-либо явления) потребовался лишь небольшой дополнительный программный блок (на языке Pascal).

Генератор позволяет создавать многовариантные задачи, в том числе индивидуальные, с промежуточными (для контроля) и окончательными ответами, что побуждает студента к самостоятельной творческой деятельности. Всего запрограммировано более 20 задач: «Вероятность попадания точки в область», «Дисперсии», «Коэф-

Вероятность безотказной работы цепи

Найти вероятность безотказной работы функциональной цепи из независимых элементов. Дана вероятность безотказной работы каждого элемента.

<p>Задача L-29.1. Азизов Ф.Р.</p> <p>$p_1 = p_2 = 0.4, p_3 = 0.7,$ $p_4 = 0.9, p_5 = 0.5, p_6 = 0.4.$</p>	<p>Задача L-29.2. Азиедова Е.Р.</p> <p>$p_1 = 0.8, p_2 = 0.9, p_3 = 0.5,$ $p_4 = 0.7, p_5 = 0.9, p_6 = 0.8.$</p>
<p>Задача L-29.3. Егоров А.С.</p> <p>$p_1 = 0.9, p_2 = 0.4, p_3 = 0.8,$ $p_4 = 0.6, p_5 = 0.7, p_6 = 0.6.$</p>	<p>Задача L-29.4. Иванова Е.О.</p> <p>$p_1 = 0.9, p_2 = 0.6, p_3 = 0.4,$ $p_4 = 0.7, p_5 = 0.3, p_6 = 0.9.$</p>
<p>Задача L-29.5. Кирик В.А.</p>	<p>Задача L-29.6. Козлова Р.М.</p>

Рис. 1. Индивидуальные задания для студентов

фициент корреляции», «Ферма. Колебание узла», «Колебание грузов», «Удар по пластине», «Статически неопределимая система», «Рычаг Жуковского», «Критическая сила сжатого стержня», «Угловая скорость пластины», «Динамические реакции ротора», «Ядро сечения» и др. Каждая задача имеет тысячи вариантов, отличающихся не только численно, но и фактическим условием (рис. 1).

2. ВИДЕО ЛЕКЦИИ НА YOUTUBE

Следует признать состоявшимся фактом выбор студентов в пользу электронных обучающих средств. Книги (за редким исключением) пылятся на полках библиотек, а при необходимости студент за нужной информацией сразу обращается в Интернет и бывает, кстати, часто удивлен: «Как это? Книги нет в свободном доступе для скачивания!»

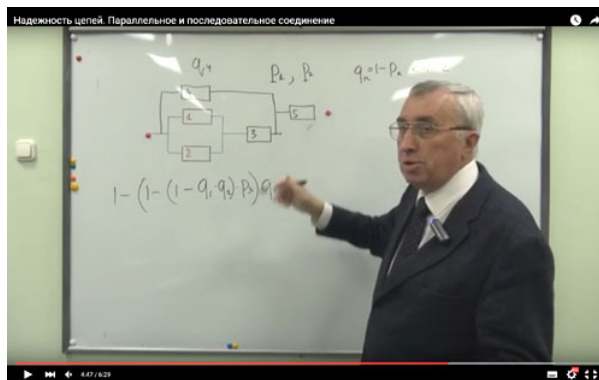


Рис. 2. Лекция на YouTube.com

Привычки ходить в библиотеку в общей массе студентов нет. Отсюда, идя навстречу реалиям времени, было решено записывать видеолекции [6, 7]. Начало было положено в 2011 году, за это время число просмотров канала автора Kirsanov2011 превысило миллион, а число подписчиков достигло семи тысяч. При этом значительно число слушателей из дальнего зарубежья. Языковой барьер в физико-математических науках не так высок. По теории вероятностей и математической статистики выложено несколько лекций: «Задача Бюффона об игле», «Задачи теории вероятностей», «The theory of probability» (на англ.) и «Надёжность цепей». Значительно больше лекций посвящен решению задач механики. Это задачи о статически неопределимых системах, задачи статики, кинематики и динамики.

3. ПРОГРАММЫ ДЛЯ MAPLE

Задачи математической статистики как правило связаны с обилием простых, но утомительных рутинных вычислений: составлением однообразных сумм, решением систем уравнений. Для того чтобы не отвлекать студента от основной задачи, связанной собственно с алгоритмами и методами изучаемой теории, эту часть работы имеет смысл поручить какой-либо математической системе, например, Maple [9]. Ранее автором был разработан комплект программ для решения прикладных задач механики. Применительно к поставленной в курсе цели эти программы оказались востребованы даже в большей мере, чем на занятиях по механике. Тексты всех задач выложены на сайт автора vuz.exponenta.ru.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Трёхлетний опыт чтения лекций и проведения практических занятий с применением новых информационных технологий показал их эффективность. Основные трудности при этом были только на первом этапе – при создании генератора, записи видеолекций и отладке компьютерных программ. Обратная связь, существующая на YouTube (поло-

жительные и отрицательные отзывы), позволяет находить узкие места и совершенствовать методику. Определёнными этапами при создании комплекса явились изданные в центральных издательствах монографии с примерами и решениями задач.

Дан ряд $p = [0.1, 0.3, 0.4, 0.2]$ распределения дискретной случайной величины силы $P_i, i = 1, \dots, 4$, приложенной к балке. Найти математические ожидания и дисперсии усилий в стержнях.

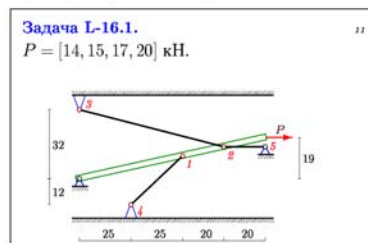


Рис. 3. Задача сопротивления материалов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стрелецкий Н.С. Основы статистического учёта коэффициента запаса прочности сооружений. М.: Стройиздат, 1947. 96 с.
2. Болотин В.В. Статистические методы в строительной механике. М.: Стройиздат, 1961. 204 с.
3. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. М: Машиностроение, 1984. 312 с.
4. Болотин В.В. Случайные колебания упругих систем. М.: Наука, 1979. 336 с.
5. Ломакин В.А. Статистические задачи механики твёрдых деформируемых тел. М.: ЛЕНАНД, 2014. 144 с.
6. Кирсанов М.Н. Опыт чтения лекций по механике и математике на youtube.com // Труды Международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования — ИНФОРИНО-2014» (Москва, 15—16 апреля 2014 г.). М.: Издательство МЭИ, 2014. С. 427—430.
7. Кирсанов М.Н. Опыт преподавания теоретической механики в техническом вузе // Международная школа по математическому моделированию в системах компьютерной математики – KAZCAS-2014; ред. Ю.Г. Игнатъев Казань, 2014. С. 110—115.
8. Кирсанов М.Н. Maple и MapleT. Решение задач механики. СПб.: Ланб, 2012. 512 с.
9. Кирсанов М.Н. Решения задач по теоретической механике: учебное пособие М.: ИНФРА-М, 2015. 216 с.

M.N. Kirsanov

c216@ya.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

METHODICAL COMPLEX ON THE THEORIES OF PROBABILITIES BASED ON THE TASK GENERATOR AND YOUTUBE

SUMMARY

The experience of teaching applied problems of probability theory in mechanics is given. The basis for lectures and practical tasks is author's tasks in the field of theoretical mechanics, resistance of materials and structural mechanics with deterministic and random data. There is a special block in the task generator for multivariate tasks. All tasks are supplied with pictures and answers. On the website vuz.exponenta.ru there are corresponding freely downloadable programs for the Maple software.

ИЗ ОПЫТА СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА «МАТЕМАТИКА»

АННОТАЦИЯ

Практика создания и использования в образовательном процессе электронных учебно-методических комплексов по математике требует учёта психологических особенностей работы студентов и преподавателей в индивидуальном и групповом режимах в условиях тренинга.

ВВЕДЕНИЕ

Электронные учебно-методические комплексы (ЭУМК) по математике были созданы в МЭИ в 2014/2015 уч. год для направлений подготовки «Радиотехника» и «Биотехнические системы и технологии». Они предназначены для преподавателей и студентов 1 и 2 курсов соответствующих направлений обучения, включённых в учебный процесс в режиме очного и дистанционного обучения.

1. СОСТАВ ЭУМК ПО МАТЕМАТИКЕ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМАХ ОБУЧЕНИЯ

ЭУМК по математике включает в себя: рабочую программу и технологическую карту учебной работы студента по математике; конспекты лекций по высшей математике 1, высшей математике 2 и специальным главам курса высшей математики, а также методические указания по проведению практических (семинарских) занятий. Кроме того, ЭУМК содержит варианты заданий индивидуальных типовых расчётов (ТР); методические указания по выполнению ТР и эталонный образец выполнения одного из вариантов ТР; контролирующие материалы; тестовые задания, вопросы контрольных работ, коллоквиумов, домашние задания, вопросы и задачи, выносимые на дифференцированный зачёт и экзамен, экзаменационные билеты и дополнительные материалы.

При очной форме обучения использование ЭУМК применяется как дополнение к лекциям и практическим занятиям. Проверка уровня освоения теоретических и практических знаний осуществляется с помощью тестов, представленных в ЭУМК. Задания для домашних работ, индивидуальные варианты типовых расчётов и образцы их выполнения также имеются в ЭУМК.

При очно-дистанционной и дистанционной формах обучения теоретическая составляющая курса математики изучается самостоятельно с использованием ЭУМК, а именно конспекта лек-

ций по рассматриваемой теме. Проверка уровня освоения теоретических знаний осуществляется с помощью тестов, представленных в ЭУМК.

Практическая составляющая курса математики заключается в самостоятельном освоении методов решения задач на примерах, предложенных в ЭУМК. Закрепление практической составляющей курса математики осуществляется в самостоятельном решении задач по выбранной теме, включённых в соответствующее занятие, и в выполнении индивидуального задания ТР. Представляется, что было бы уместно применять игровые мотивы мультимедийных технологий при определении уровня практических навыков в режиме ЭУМК. В игровых мотивах можно отражать сюжеты, связанные с будущей профессиональной направленностью студентов.

Консультации преподавателей, закреплённых за соответствующей студенческой группой, общение между преподавателем и студентом осуществляется через форум на сайте кафедры высшей математики НИУ «МЭИ». Результат выполненных тестов, домашних работ и индивидуальных заданий ТР, а также их оценки передаются по электронной почте. Дифференцированный зачёт и экзамен проводятся с использованием ЭУМК в очной форме после выполнения обязательных заданий, контрольных работ и тестов.

2. ПРАКТИКА РАБОТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭУМК

Работа студентов и преподавателей с использованием ЭУМК опирается на их психологические особенности и способствует личностному росту как преподавателей вуза, так и студентов. Лектору, работающему со студентами по направлениям подготовки «Радиотехника» и «Биотехнические системы и технологии», предлагается составить презентации на основе имеющихся в ЭУМК лекций по математике с использованием мультимедийных технологий.

Успешным студентам, прослушавшим лекции с использованием ЭУМК, по каждому отдельно законченным темам лектор предлагает ознакомиться с конспектом лекций, выложенным в открытом доступе, пройти тестирование по тестам, взятым из ЭУМК, и добровольно составить несколько тестов на изучаемую тему. Потом он беседует с каждым студентом, составившим тест, определяя уровень освоения теоретического ма-

териала. Таким образом, формируется группа студентов-лидеров.

Студенты-лидеры в начале практического (семинарского) занятия проводят тестирование остальных студентов группы по своим тестам и под руководством преподавателя. Такая подготовка к практическим (семинарским) занятиям позволяет освоить теоретическую и практическую части изучаемой темы на более высоком уровне. Студентам, не прошедшим тестирование, рекомендуется ознакомиться с конспектом лекций, разобранными примерами по изучаемой теме, выполнить домашнее и контрольное задания. На следующем практическом занятии (семинаре) эти студенты отчитываются перед студентами-лидерами, и формируются группы тренинга.

Таким образом, в студенческой группе выделяются студенты, помогающие преподавателю проводить занятие более эффективно в режиме тренинга и контролирующие уровень усвоения материала другими студентами группы, что способствует более глубокому освоению теоретического и практического материала.

Задача преподавателя в условиях работы с использованием ЭУМК по математике заключается в направлении работы студенческой группы по овладению знаниями вузовского курса математики, выработке умений решать задачи математическими методами и в создании условий личностного роста каждого студента в группе. При включении студентов в режим тренинга «создается возможность незамедлительного соотнесения полученной информации и деятельности, эмоционального проживания новых моделей поведения и связанных с ними результатов» [1, с. 367]. Студент должен видеть в преподавателе своего наставника, а не контролёра.

3. ПРИНЦИПЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ СОВМЕСТНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ И СТУДЕНЧЕСКОЙ ГРУППЫ

В процессе совместной работы студентов и преподавателя с использованием ЭУМК по математике в режиме тренинга можно выделить несколько принципов, характеризующих деятельность участников образовательного процесса.

Принцип активности предполагает включение в интенсивную работу всех участников образовательного процесса. «Активность участников группы тренинга носит особый характер, отличный от активности человека, слушающего лекцию или читающего руководство по применению той или иной технологии» [1, с. 365]. В процессе занятия, которое превращается в тренинг, преподаватель и студенты-лидеры выступают в роли тренеров, вовлекающих студентов в специально разработанную деятельность. «Принцип активности, в частности, опирается на установленную закономерность об усвоении человеком 10 % информации, воспринимаемой на слух, 50 % информации, воспринимаемой по зрительному каналу, и 90 % информации, получаемой в ходе самостоятельной деятельности» [1, с. 365].

Принцип исследовательской и творческой позиции проявляется тогда, когда участники образовательного процесса получают возможность экспериментировать, создавая собственные тесты, и вовлекая в сотрудничество других студентов группы. «С этой целью в группе тренинга создаётся креативная среда, основными характеристиками которой выступают проблемность, неопределённость принятия тренером, а впоследствии и группой, поведения каждого участника, безоценочность» [1, с. 366].

Можно также выделить и этические принципы совместной работы студентов и преподавателя с использованием ЭУМК по математике. Одним из них является **принцип конфиденциальности**, который заключается в том, что сведения об успешности освоения курса математики не будут обсуждаться со студентами других групп.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Требуется анализ и обобщение практики внедрения ЭУМК, рассчитанных на определенный возраст обучающихся и их опыт работы по специальности. При создании ЭУМК было бы уместно применять игровые технологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Лидерс А.Г.** Групповой психологический тренинг со старшеклассниками и студентами. М.: Этерна, 2009. 416 с. (Современная психология) .

L.I. Klenina, E.A. Pavlova

kleninali@mail.ru; mail4pavlova@gmail.com

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

FROM THE EXPERIENCE OF CREATING AND USING IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF ELECTRONIC EDUCATIONAL-METHODICAL COMPLEX «MATHEMATICS»

SUMMARY

The practice of creating and using in the educational process of electronic educational-methodical complexes in mathematics requires taking into account psychological peculiarities of students and teachers in individual and group modes in the conditions of the training.

НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ К СОЗДАНИЮ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПО МАТЕМАТИКЕ

АННОТАЦИЯ

Создание электронных учебно-методических комплексов по математике рассматривается как способ развития у студентов потребности и умения использовать различные источники информации для самостоятельного приобретения новых знаний и компетенций.

ВВЕДЕНИЕ

Внедрение электронных учебно-методических комплексов (ЭУМК) по математике в учебный процесс в режиме очного и дистанционного обучения требует достаточно глубокого осмысления этого явления. Роль преподавателя в управлении познавательным процессом студентов не сводится только к дистанционному консультированию по теоретическому и практическому овладению курсом математики в вузе. Интерактивное взаимодействие преподавателей и студентов предполагает новые возможности для постижения ценностей образования и профессионального роста всех участников этого процесса.

1. СОСТАВ ЭУМК ПО МАТЕМАТИКЕ

ЭУМК по математике должен включать в себя: электронный учебник; электронный задачник, различные проверочные тесты, варианты Контрольных работ, рассчитанные на разный уровень усвоения материала, обучающий практический курс, примерную компоновку материала в соответствии с планом разбивки материала по часам, обязательную лекционную презентацию каждой лекции и каждого практического занятия, электронные образовательные ресурсы.

Кроме этого электронного наполнения, ЭУМК желательно должен быть дополнен учебной тетрадью (опорный конспект) для работы с лекционным материалом по изучаемому курсу и учебной тетрадью (опорный конспект) для работы с практическим материалом по изучаемому курсу. В опорном конспекте выделяется главная, наиболее важная информация учебного материала. С помощью выделения отдельных предложений различными цветами студенты лучше запоминают и потом способны воспроизвести требуемую информацию.

Электронные образовательные ресурсы обязательно должны содержать справочный материал по всему курсу математики в вузе и адреса интернет-ресурсов, содержащих достоверную информацию по математике.

2. ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ УРОВНЕЙ ЭУМК

Электронные версии учебников по математике в вузе, конечно, должны отличаться от их печатных версий. Печатные учебники рассчитаны на определённый уровень обучающихся. Имеются учебники, отражающие информационную составляющую содержания предмета, и сборники задач, позволяющие сформировать практическую часть, отдельно для колледжей и вузов. Поэтому электронные версии учебников для изучения математики должны соответствовать уровню подготовленности студентов для освоения предложенного материала. Таким образом, ЭУМК по математике должен содержать несколько уровней, отличающихся друг от друга порядком сложности изложения материала.

Переход на конкретный уровень обучения осуществляется по результатам тестирования, который определяет уровень подготовленности студентов к освоению нового материала.

3. ПРИЗНАКИ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ СТУДЕНТОВ

При прохождении тестирования у студентов развивается потребность и умение использовать различные источники информации для самостоятельного приобретения новых знаний и компетенций. Эти источники могут входить как справочный материал в ЭУМК или содержать конкретные адреса интернет-ресурсов по математике или указания обратиться к поисковым системам сети Интернет, причём поиск необходимой информации осуществляется по её смысловому содержанию и ключевым словам. Таким образом, одной из сторон организации обучения при помощи ЭУМК является активизация познавательной деятельности студентов в плане поиска ответа на поставленные вопросы.

4. РЕКОМЕНДАЦИИ РАЗМЕЩЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ В ЭУМК

Организации обучения при помощи ЭУМК с применением мультимедийных технологий — компьютерной графики, трёхмерной анимации, речевого и звукового сопровождения, видеосюжетов и визуальных эффектов, гиперссылок и механизмов управления — позволяет «осовременить» учебный процесс, сделать его более наглядным и доступным. Применение видео- и звуковой информации в ЭУМК оказывает воздействие на различные органы чувств. Согласно ис-

следованиям американских специалистов из медицинских колледжей, визуализация слуховой информации помогает головному мозгу человека в шесть раз лучше обрабатывать эту информацию, что повышает её эффективность.

Мультимедийные технологии дают возможность создавать информационные материалы, содержащие традиционные статические тексты, картинки, графические гистограммы и диаграммы, а также динамические видео- и анимационные представления на экране, сопровождающиеся звуком и звуковыми эффектами. Чтобы это восприятие визуальной информации было более эффективным, необходимо проектировать состав и формат представления последовательности появления информации на экране, взаимное расположение, размер и цветовую палитру изображаемых объектов.

Существуют рекомендации размещения текстовой и изобразительной информации, которые связаны с право-левой асимметрией головного мозга человека. Так, информация с правой части экрана поступает в левое полушарие, а с левой части экрана — в правое. По этой причине текстовые сообщения, которые комментируются лектором, следует размещать в правой части экрана, так как ведущая роль при запоминании слов принадлежит левому полушарию. Изображения (графики, диаграммы, анимации) следует размещать в левой части экрана, так как запоминание образов связано с активизацией правого полушария. Такое восприятие информации предлагается использовать, когда преобладает мужской состав учащихся. Для женской аудитории эти рекомендации несущественны, так как у них слабее, чем у мужчин, выражена асимметрия головного мозга.

5. РОЛЬ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ В СОЗДАНИИ ЭУМК

При организации процесса обучения всегда поднимается вопрос о преемственности в обучении, при этом имеют в виду непрерывную связь «между отдельными сторонами, частями и ступенями обучения, обеспечивающих расширение и углубление знаний, приобретённых на предыдущих этапах обучения, ..., это связь старого с но-

вым и нового со старым» [1, с. 137]. Мы считаем, что при внедрении информационных технологий в обучающий процесс можно ставить вопрос и о преемственности действий преподавателя вуза в новых условиях. В период, предшествующий информатизации образования, преподаватель при подготовке лекций или практических занятий по своему предмету использовал уже существующие различные учебники и учебно-методические пособия по этому предмету. В новых условиях часто ЭУМК создают сами преподаватели, которые не являются техническими специалистами в области создания электронного продукта. Нам кажется, что задачей педагога является не техническая реализация мультимедийных лекций и практических занятий, а разработка их содержания для студентов с разным уровнем подготовки и освоения предыдущего материала, а также организация учебного процесса с уже существующими ЭУМК. Тогда преподаватель мог бы разрабатывать свои технологии повышения эффективности и качества процесса обучения и осуществлять регулярный мониторинг (контроль и коррекцию) результатов учебной деятельности с привлечением возможностей компьютерной техники.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время необходимо объективное и независимое тестирование и апробирование на практике уже созданных электронных учебно-методических комплексов по различным отраслям знания и рассчитанных на определённый возраст обучающихся. Эта объективная оценка, по нашему мнению, затруднена ввиду многочисленности и разной направленности этих комплексов. Кроме того, отсутствие общероссийского каталога электронных учебно-методических комплексов, затруднённый к ним доступ и объявление их интеллектуальной собственностью отдельных лиц или образовательных учреждений тоже не способствует активному внедрению этих комплексов в образовательный процесс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кленина Л.И. Акмеологический подход к инженерному образованию специалистов-энергетиков. М.: Спутник+, 2010. 293 с.

L.I. Klenina, E.A.Pavlova

kleninali@mail.ru, mail4pavlova@gmail.com

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

SOME COMMENTS ON THE CREATION OF ELECTRONIC EDUCATION-METHODOLOGICAL COMPLEXES IN MATHEMATICS

SUMMARY

The creation of electronic education-methodological complexes in mathematics is considered from the point of view of a student's development needs and the ability to use various sources of information for independent acquisition of new knowledge and competencies.

ЭЛЕКТРОННЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ РЕСУРС «ВЕБ-ТЕХНОЛОГИИ»

АННОТАЦИЯ

В докладе рассматриваются вопросы использования в учебном процессе электронного образовательного ресурса «Веб-технологии», реализованного в виде учебного портала на основе CMS Joomla. Анализируются особенности построения портала, его состав и функциональные возможности, недостатки и достоинства. Рассматриваются перспективы развития предлагаемого ресурса.

ВВЕДЕНИЕ

Современный качественный и эффективный образовательный процесс практически невозможен без использования разнообразных электронных ресурсов. Особенно это актуально сейчас, когда современный уровень развития информационных технологий, особенно в среде Интернет, позволяет все более эффективно использовать различные автоматизированные информационные системы в процессе образования. В докладе представлен учебный портал по тематике «Веб-технологии», созданный на базе CMS (content management system — система управления содержанием) Joomla. В настоящее время данный портал активно используется в учебном процессе на кафедре ЭФИС НИУ «МЭИ» при изучении 2-семестрового курса «Технологии управления информацией». В той или иной степени упоминание о курсе «Веб-технологии» было представлено в работе [1], а в работе [2] представлены некоторые сведения непосредственно о возможностях CMS Joomla по созданию учебных порталов. Рассмотрим далее более подробно содержание портала, вопросы организации подготовки и публикации материалов на портале, вопросы регистрации пользователей и статистику работы их с материалами портала.

1. СОДЕРЖАНИЕ ПОРТАЛА

На данный момент времени учебный портал содержит лекционный материал (33 лекции), описание лабораторных работ и другие методические материалы по веб-технологии LAMP (Linux-Apache+MySQL+PHP), которая изучается в рамках 2-семестрового курса «Технологии управления информацией» на кафедре ЭФИС НИУ «МЭИ». В рамках курса изучается язык разметки HTML, язык программирования на стороне клиента JavaScript, установка и конфигурирование веб-сервера Apache, язык программирования на стороне сервера PHP и система управления базами данных MySQL. Фрагмент внешнего вида

страницы портала с лекционным материалом представлен на рис. 1.

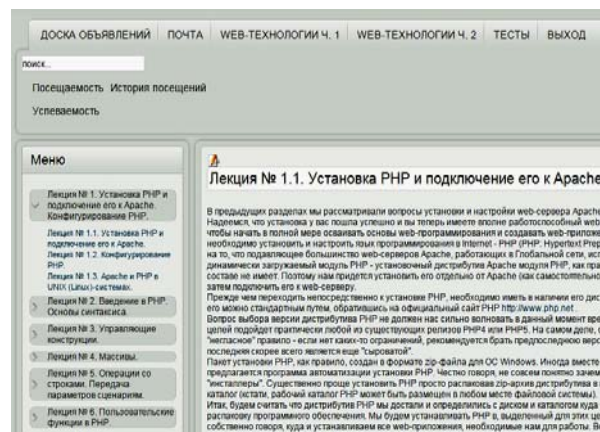


Рис. 1. Внешний вид страницы портала с лекционным материалом

Данный портал весьма успешно можно использовать при очной, заочной и смешанной формах обучения дисциплине. При дистанционном обучении важное значение имеет режим «ДОСКА ОБЪЯВЛЕНИЙ», который в совокупности с внутренней почтой портала (режим «ПОЧТА») позволяет организовать оперативную обратную связь между преподавателем и студентами. На рис. 2 приведён фрагмент внешнего вида страницы портала в режиме «ДОСКА ОБЪЯВЛЕНИЙ».

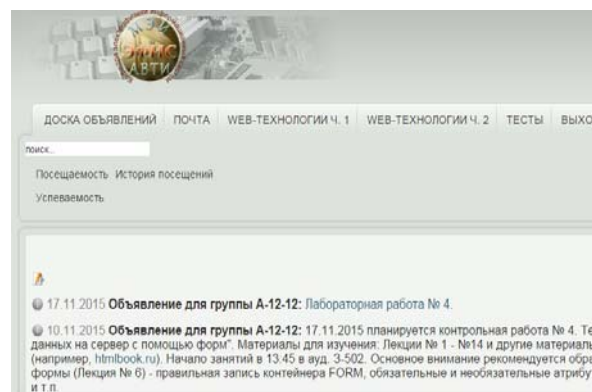


Рис. 2. Внешний вид страницы портала в режиме ДОСКА ОБЪЯВЛЕНИЙ

Следует заметить, что работа с порталом и преподавателей, и студентов осуществляются исключительно в режиме авторизации. Иными словами, доступ к системе имеет только зарегистрированный пользователь. Это связано с тем, что установленный в системе модуль статистики позволяет собирать информацию о ходе изучения

учебных материалов студентами, что может быть весьма полезно при оценке преподавателем уровня активности студентов. Кроме этого, работа с внутренней почтой тоже персонафицирована.

Регистрацию пользователей так же, как и настройку системы, осуществляет специализированный пользователь в административном режиме. Кроме этого, в данном режиме осуществляются основные настройки системы. Рассмотрим его более подробно.

2. АДМИНИСТРАТИВНЫЙ РЕЖИМ

Внешний вид административной панели в основном режиме представлен на рис. 3.

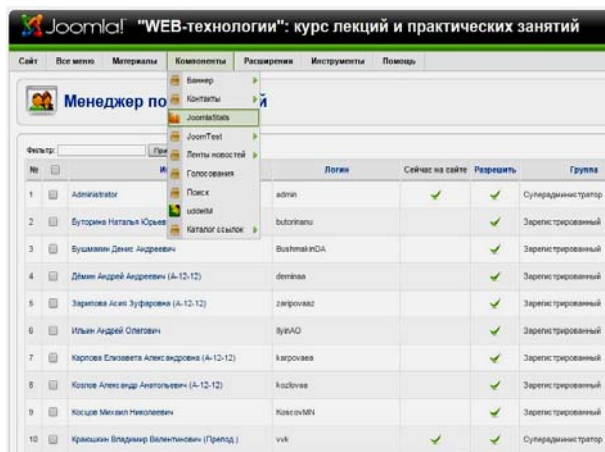


Рис. 3. Административная панель Joomla версии 1.5.22

В административном режиме осуществляется основная работа по настройке системы, регистрации пользователей, формированию структуры учебных курсов и их содержания. Кроме этого, в данном режиме осуществляется подключение различных модулей, плагинов и шаблонов как имеющихся в установленном дистрибутиве Joomla, так и сторонних разработчиков. Также здесь преподаватель может посмотреть статистику работы студентов с материалами портала (рис. 4).

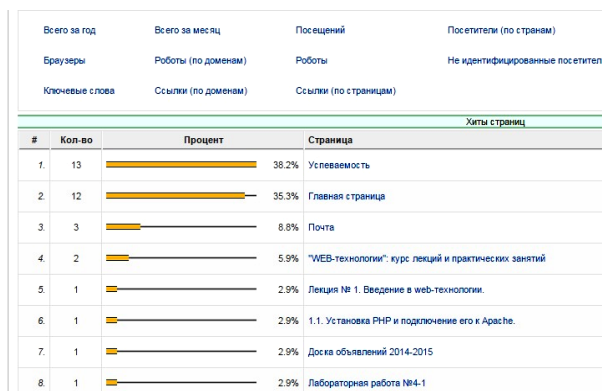


Рис. 4. Процентное соотношение популярности просмотра страниц портала

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В докладе на практическом примере показаны широкие возможности использования CMS Joomla при создании различных электронных образовательных ресурсов, в частности, по курсу «Веб-технологии».

Опыт использования рассмотренного в докладе учебного портала показывает, что такие ресурсы становятся практически неотъемлемой частью современного учебного процесса при любых формах обучения. В условиях нехватки кадров квалифицированного преподавательского состава и увеличения среднего возраста преподавателей, крайне важно сохранить накопленный годами опыт и нарабатываемые методики преподавания.

В качестве перспективы развития рассмотренной системы стоит рассмотреть вопросы разработки встраиваемых модулей тестирования знаний обучаемых.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Краюшкин В.В. Курс лекций «Web-технологии». Информатизация инженерного образования: Электронные образовательные ресурсы / под ред. С.И. Маслова. М.: Издательский дом МЭИ, 2011. Вып. 5. 512 с.
2. Баранов И.В., Краюшкин В.В. CMS Joomla в учебном процессе // Труды международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования — ИНФОРИНО-2012». М.: Издательский дом МЭИ, 2012. С. 349—350.

V.V. Kraushkin, K.V. Kraushkin

KrayushkinVV@mpei.ru, jangokvk@gmail.com

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

DIGITAL EDUCATIONAL RESOURCES »WEB TECHNOLOGIES»

SUMMARY

The paper deals with details of application of digital educational system “WEB technologies”, implemented in the form of educational portal based on CMS Joomla. Composition features of the portal, its functionality, pros and cons were analyzed. The prospects of further development were also presented.

ТАБЛИЧНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОНТЕНТА КАК ОСНОВА BYOD КОМПЛЕКСА ПОДДЕРЖКИ И КОНТРОЛЯ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ ФИЗИКЕ И РУССКОМУ ЯЗЫКУ ФИЗИКИ НА БАЗЕ ОБЛАЧНОГО РЕСУРСА MS ONEDRIVE

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются возможности табличной формы представления содержания образования по курсам «Физика» и «Русский язык физики как иностранный». Анализ проводится с целью отработки сквозной информационной технологии подготовки электронных пособий, тренажёров и тестов. Эти материалы предназначены для иностранных студентов инженерных специальностей подготовительного отделения. Преимущественно используются возможности облачного ресурса MS OneDrive. Предполагается размещение на нем медиаконтекста, ориентированного на применение BYOD-технологий в обучении иностранцев.

ВВЕДЕНИЕ

Для эффективной разработки комплексных форм учебных пособий наиболее естественной, удобной и технологичной формой представления образовательного контента являются таблицы. Особенно удобны они для формирования пособий, где словарно-справочная форма является основной. В частности это курсы «Физика» и «Русский язык физики как иностранный». Их изучают иностранные студенты инженерных направлений на подготовительном факультете. Для обучения иностранцев, впервые приступающих к изучению русского языка и инженерных дисциплин, преподаватели физики и русского языка науки формируют табличные материалы, которые при минимальных дополнительных затратах размещаются и в традиционных пособиях и служат основой электронных форм — конспектов, презентаций, тренажёров и тестов. Сквозная технология на базе таблиц гарантирует безопасность, полную сохранность материала. Наибольшая эффективность разработки достигнута при помощи инструментов облачного ресурса MS OneDrive — Word-online, Power Point-online и Excel-online. Медиаконтекст с тренажёрами и тестами ориентирован на широкое применение в обучении иностранных студентов базовых элементов BYOD-технологий.

1. ФОРМЫ ПОСОБИЙ В ОБУЧЕНИИ

Для большинства иностранных граждан, выбравших российский вуз для получения высшего образования в секторе инженерных направлений, знакомство с русским языком начинается одновременно с изучением ими ряда базовых дисциплин. Физика занимает здесь ведущее место. Изучение

данной дисциплины традиционно тесно связано с прохождением курса русского языка науки как иностранного. Для освоения этих предметов разработаны специальные учебные пособия. Эти учебники построены на классических принципах преподавания русского языка как иностранного и преподавания физики в российских университетах.

Интенсивное внедрение в образовательный процесс новых методов обучения на основе компьютерных, сетевых и интернет-технологий ставит перед преподавателями задачу приоритетного освоения новых сфер образовательного пространства. Массовое распространение программных и аппаратно-технических средств мобильной телекоммуникации на базе Интернет-ресурсов открывает новые возможности, которые доступны для применения в целях повышения эффективности обучения иностранных студентов основам физики параллельно с освоением ими русского языка.

Перед преподавателями новые горизонты ставят задачу расширения спектра инструментов, которые они используют в своей работе со студентами.

Отличительной особенностью процесса формирования базовых образовательно-коммуникативных компетентностей иностранных граждан, для которых русский язык не является родным, на начальном этапе вхождения в предмет на фоне низкого, а часто и нулевого, уровня владения государственным языком обучения РФ является невозможность полного отказа от традиционных бумажных форм пособий — учебников, рабочих тетрадей, сборников упражнений и т.п. Это обусловлено такими их преимуществами, как наглядность, удобство чтения, возможность параллельной работы с несколькими из них и т.п. А также специфические ощущения самого процесса обучения, которые могут дать только пособия в твёрдой форме — бумажные. Эти и другие причины позволяют прогнозировать, что традиционные бумажные формы надолго сохранят своё место в учебном процессе.

Рассматривая вопрос о том, являются ли однажды созданные и хорошо зарекомендовавшие себя учебники чем-то застывшим, не подлежащим трансформации, а также каковы их место и роль в мире новых технологий коммуникации и образования, мы можем видеть, что если их со-

держание выдержало испытание временем, то новые информационные технологии вполне могут повлиять на форму организации и представления образовательного контента. Очевидно, что они будут подвергаться воздействию новых технологий и неизбежно трансформироваться, образуя своего рода информационно-технологический симбиоз с электронными форматами. Это обусловлено, в частности, такими соображениями, как эффективность новых технологий в плане и создания и применения пособий, которые мы рассматриваем как единые звенья в цепи профессионально-образовательной коммуникации преподавателей и студентов. Чтобы установить, какие формы будут наиболее эффективны в сочетании, опишем некоторые их особенности на примере основных компонентов медиакомплекса по физике для иностранных слушателей подготовительного факультета инженерных направлений, который разрабатывается совместно преподавателями физики, русского языка науки при участии специалистов по современным информационным технологиям.

2. ТАБЛИЦЫ В МЕДИАКОМПЛЕКСЕ

Медиакомплекс по физике призван помочь иностранным студентам и их преподавателям решать задачу комплексного освоения предмета и русского языка физической науки в параллельном режиме. В его состав входят основная презентация, образующая остов комплекса. Презентация состоит из слайдов, подготовленных и сгруппированных в соответствии с программой курса «Физика для иностранных слушателей подготовительного факультета». Последовательность разделов презентации определяется расположением глав базового учебного пособия. Пособие и медиакомплекс должны использоваться одновременно для гарантии наиболее полного освоения материала.

Кроме основных элементов, представляющих содержание некоторого параграфа пособия, слайды презентации содержат связи с блоками расширения. Это электронные конспекты и дополнительные презентации, в которых изучаемый материал представлен более подробно.

Особенность нашей разработки состоит в том, что при подготовке печатных изданий пособий, которые предполагалось применять параллельно с электронными компонентами, в них в качестве основной формы представления образовательного контента были использованы таблицы. Такой выбор обусловлен в первую очередь тем, что на начальном этапе освоения исходного корпуса общей и физической лексики таблицы визуально выступают в роли инструмента согласования термина и его значения или разных форм слова, или слова и его перевода. Также таблицы организуют материал и по вертикали. Они чётко разграничивают последовательную структуру учебных микромодулей в их последовательности. А каж-

дая таблица в свою очередь выстраивает последовательность содержимого строк.

Таким образом, мы создаём своего рода конвейеры двух и более уровней. Этот приём методической технологии, как показывает практика, имеет свой эффект. Он положительно влияет на усвояемость материала, если его сравнить, например, с непрерывным малоструктурированным представлением, которое обычно принято в традиционных печатных формах пособий.

Табличная форма представления учебного материала, которая была использована для конспектов и презентаций, обладает ещё одним огромным преимуществом. Используя простые приёмы редактирования, даже не являющийся профессиональным пользователем компьютера преподаватель или его коллега могут без особых затруднений трансформировать готовые таблицы. Их можно пополнять, расширять или, наоборот — редуцировать. Также они могут быть достаточно просто встроены из электронного источника в состав комплекса. Наиболее ярко это преимущество проявилось при использовании нами полилингвального подхода в некоторых конспектах и презентациях. Добавляя в таблицы колонки с переводами физических терминов на другие языки, мы наблюдали, что это часто помогает иностранным студентам быстрее освоить материал, особенно тем из них, которые владеют основным языком интернационального общения — английским. Не вдаваясь в подробности, отметим, что наши исходные таблицы физических терминов впоследствии дополнили колонки перевода на различные языки — английский, французский, испанский, арабский, китайский. Это делалось с учётом специфики научного языка физики для каждого случая.

3. ТАБЛИЧНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ ТРЕНАЖЁРЫ И ТЕСТЫ

Описанные выше компоненты реализуют прямую линию образовательной коммуникации. Обратная связь в этом процессе организована путём введения в состав медиакомплекса электронных тренажёров и тестов. Форма электронных таблиц, в которой были созданы исходные материалы, позволила без затруднений трансформировать их в электронные тренажёры и тесты. Представим несколько подробнее эти элементы контроля, самоконтроля и обратной связи, их роль и место в системе формирования базовых предметно-коммуникативных компетентностей на начальном этапе освоения иностранными студентами предмета и русского языка физической науки.

Целью использования электронных тренажёров и тестов в нашей системе является создание у иностранных учащихся языковой базы научного языка физики и умение, в конечном счёте, понимать и самим конструировать научные фразы в соответствии с алгоритмом темо-ремного оформ-

ления высказывания. Задачей же является ускоренное овладение ими лексического минимума языка науки первого сертификационного уровня в объёме всех частей речи, а также формирование навыков построения и применения словосочетаний, построенных на подчинительной связи согласования, управления, примыкания.

Подзадачи, решаемые при помощи инструментов компьютерного тренинга и тестирования в аспекте формирования профессиональной и языковой компетентности иностранных учащихся первого года обучения на этапе самоподготовки и самоконтроля, следующие:

- 1) отработка лексической сочетаемости физических терминов;
- 2) отработка предложно-падежной системы и глагольных форм в научном контексте;
- 3) отработка синтаксических структур и их реализаций в научном языке.

Критерием отбора языкового материала для тренажёров и тестов, как и для других компонентов медиакомплекса, стала их предметно-коммуникативная ценность, определяющая компетентность иностранных студентов в области образовательного общения на базе русского языка физики. Корпус лексики был тщательно отобран и включал в себя разное количество слов различного уровня сложности. В нём были представлены все части речи, в том числе: глаголы — 100 единиц, существительные — 150, прилагательные — 50.

Наиболее широко в медиакомплексе использованы небольшие тесты. Они содержат 5-10 вопросов и встроены в слайды презентации и параграфы конспекта. Мини-тесты снабжены открытыми индикаторами контроля правильности и выполняют функцию поддержки самоконтроля в процессе изучения небольшой порции материала. Мини-тесты предполагают работу с одним словом. При этом проверяется знание иностранными учащимися лексического элемента, грамматических значений. На тестах с двумя словами проверяется умение сочетать слова как лексически, так и грамматически, а также формировать грамматическую основу предложения. Тесты, содержащие более двух слов, контролируют умение расширять предложение.

Лист тестов следующий:

- 1) тесты на согласование рода и числа прилагательных и существительных;
- 2) тесты на употребление предлогов, участвующих совместно с окончаниями в формировании падежного грамматического значения;
- 3) тесты на определение падежей существительных в синтаксическом контексте;
- 4) тесты на нахождение глагольной словоформы;
- 5) тесты на понимание и функционирование слов и словосочетаний по темам физики.

Задания формулируются двояко: задаётся содержание — требуется найти форму и, наоборот, задаётся форма — требуется найти содержание.

Так, например, в нескольких блоках, состоящих из пяти слов, студентам предлагается выбрать соответствующие определённым значениям слова: процесс, величина, явление, метры, масса. И, наоборот, к данным словам необходимо выбрать пучок граммем: м.р., ж.р., ср.р., мн.ч. (в ед.ч. — м.р.), мн.ч. (в ед.ч. — ж.р.). Естественно, что при определении падежа нужен контекст, т.е. уровень предложения. Поэтому студентам предлагается указать падеж определённого слова в предложении. Например, среди ряда падежей — дательного, винительного, творительного, предложного — надо выбрать один, который соответствовал бы форме слова «приборы» в предложении: *«Некоторые физические величины мы измеряем приборами»*. Или же по словоформам следует определить падежи слов.

Умение иностранных студентов согласовывать прилагательное с существительным контролируется в тестах путём подбора к словам процесс, величина, тело, единицы, приборов прилагательного «физический» в разных формах. Многочисленны в наших тестах и задания на определение наличия-отсутствия определённых предлогов, которые также подаются на синтаксическом уровне, т.е. в предложениях.

Поскольку глагол в русском языке обладает спряжением, т.е. изменяется по лицам и числам, постольку есть возможность проверки иностранных студентов на знание ими соответствия глагольных окончаний определённым местоимениям также в контексте, а по пучку граммем — нахождение глагольной словоформы. Например, студентам предлагается найти 3-е л. ед.ч глагола определять среди следующих пяти словоформ: определяю, определяет, определяем, определяете, определяют.

Таким образом, используя встроенные в медиакомплекс мини-тесты и тренажёры, иностранные учащиеся могут самостоятельно приобретать навыки и умения в образовательно-профессиональной коммуникации в секторе русского языка физической науки. При этом учебный материал (форма выражения и форма содержания слов, словосочетаний, предложений) закрепляется и доводится до автоматизма у студентов при использовании ими компьютерных технологий и приёмов самоконтроля и тренинга, которые встроены в медиакомплекс.

На базе исходных таблиц электронной версии пособия таким же естественным образом строятся и тесты для рубежных и итоговых аттестаций.

4. РЕСУРСЫ MS ONEDRIVE КАК ИНСТРУМЕНТЫ СОЗДАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МЕДИАКОМПЛЕКСА

Для разработки компонентов медиакомплекса была использована технология совместного проектирования в режиме последовательной модификации информационных продуктов. Исходные таблицы, первоначально созданные для печатной

версии пособий, были модифицированы и применены в электронных конспектах, словарях, презентациях, тренажёрах и тестах. Такое широкое разнообразие форм представления учебного материала было достигнуто за счёт унификации форматов таблиц, а также применения единых технологических приёмов и инструментов их трансформации.

В качестве информационно-технологической платформы использовался облачный диск OneDrive, размещенный на портале Microsoft. Такой выбор обусловлен наличием в его инструментах веб-конвертора, который позволяет без дополнительных преобразований просматривать содержимое файлов как веб-страницы. При этом мы ориентировались на перспективы использования гаджетов студентов в системе BYOD-технологий (от англ. Bring Your Own Device). В профильном разделе преподавателя физики была создана система каталогов для размещения компонентов медиакомплекса. В них размещены файлы конспектов, презентаций, тренажёров и тестов. Монтаж и редактирование исходных таблиц, вставка в презентации и подготовка на их основе тренажёров и тестов выполнялись в режиме коллективного редактирования в среде Word-online, Power Point-online, Excel-online. Также для оперативной связи использованы созданный в этих целях чат Messenger и возможности ТКС Skype, интегрированных в среду облачного диска MS OneDrive. Применение этих инструментов позволило быстро и эффективно организовать выполнение всех намеченных задач.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщая опыт, накопленный в ходе разработки медиакомплекса для изучения иностранными студентами подготовительного отделения физики и русского языка физической науки, мы можем отметить, что нет никаких сомнений, что печатные формы пособий сохраняют свои перспективы. Одновременно они могут стать технологичнее как в разработке, так и в применении при условии широкого применения всех возможностей новых информаци-

онных технологий, например, как описанные в настоящей работе манипуляции с электронными таблицами. Такие технологии заметно сокращают сроки разработки учебных комплексов. Одновременно они гарантируют полную защиту контента. Созданные на их основе информационные продукты образовательного назначения эффективно применяются иностранными студентами подготовительного отделения инженерного факультета для изучения физики и русского языка науки как иностранного.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Грачёва О.А., Эльсгольц С.Л., Певницкая Е.В., Копылова П.А.** Русские глаголы в физике. Справочник для студентов-иностранцев подготовительных факультетов вузов.— 2-е изд., испр. М.: РУДН, 2013.
2. **Грачева О.А., Эльсгольц С.Л., Певницкая Е.В.** Изучаю физику на русском языке. Тестовые задания и упражнения к учебному пособию по физике «Механика». Ч. 3. М.: РУДН, 2013.
3. **Введение** в курс физики. База тестов по русскому языку как иностранному (научный язык физики) / А.В. Герасимова, О.А. Грачева, О.А. Завадская и др. М.: ИНИПИ РАО ОФЭРНиО. Свидетельство о регистрации электронного ресурса. № 19355.
4. **База вопросов, тренажёры, генератор тестов** по русскому языку как иностранному для иностранных студентов-физиков / О.А. Грачева, С.Л. Эльсгольц, П.Г. Матухин и др. М.: ИНИПИ РАО ОФЭРНиО. Свидетельство о регистрации электронного ресурса. № 19358.
5. **База вопросов, тренажёры, генератор тестов и комплект вариантов** по разделу «Механика» вводного курса физики для иностранных студентов. Таблицы EXCEL / О.А. Грачева, С.Л. Эльсгольц, П.Г. Матухин и др. М.: ИНИПИ РАО ОФЭРНиО. Свидетельство о регистрации электронного ресурса. № 19357.
6. **Образовательная адаптация** иностранных студентов естественных и гуманитарных направлений с элементами BYOD-доступа к онлайн-компонентам УМК на ONEDRIVE / С.Л. Эльсгольц, Е.А. Провоторова, Е.П. Титова и др. // Информационные технологии в образовании: 24 Международная конференция-выставка (6—7 ноября 2014 г., часть 2. МГУ им. М.В. Ломоносова). С. 89—90.
7. **Матухин П.Г., Грачева О.А., Эльсгольц С.Л.** Междисциплинарные ИТ проекты в разработке УМП по русскому языку для физиков // Вестник РУДН, сер. Информатизация образования. 2013. № 4. С. 27—39.

P.G. Matukhin, O.A. Gracheva, S.L. Elsgolz, E.V. Pevnitskaya

m-pg@mail.ru

Peoples Friendship University of Russia, Moscow

TABLES AS A FORM OF THE EDUCATIONAL CONTENT ORGANIZATION OF THE MS ONEDRIVE CLOUD BASED BYOD COMPLEX FOR SUPPORT AND CONTROL OF THE FOREIGN STUDENTS TEACHING AND LEARNING IN PHYSICS AND RUSSIAN LANGUAGE OF PHYSICS

SUMMARY

Discussed are the possibilities of the tabular forms of educational content for the courses of «Physics» and «Russian language of Physics as a foreign language». The analysis is performed in order to develop cross-cutting information technology for electronic manuals, simulators and tests preparation. Those are intended for foreign students of the Engineering Faculty preparatory Department. The MS OneDrive cloud-based instruments referred to be the most preferable. This resource is proposed to locate the mediacomplex created to be used in BYOD technologies of the Russian language of Physics teaching and learning.

ОСНОВЫ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫМИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СТАНДАРТИЗАЦИИ МЕТАДААННЫХ

АННОТАЦИЯ

В данном докладе рассмотрены базовые подходы к управлению знаниями на примере стандартов в области определения метаданных. Рассмотрены основополагающие положения международного стандарта ISO/IEC 19788, содержащего требования к спецификации электронных образовательных ресурсов. Выделены типовые характеристики, необходимые для описания образовательного ресурса.

ВВЕДЕНИЕ

Распространение большого количества электронных образовательных ресурсов привело к тому, что возникла необходимость их эффективного управления. Современные системы электронного обучения (СЭО) давно вышли за рамки использования простейших технологий. Они содержат такие сложные структуры, как системы автоматизированного контроля знаний, элементы баз знаний, представленных в различных системах поиска информации. Базы знаний постепенно становятся одной из основополагающих технологий в системах электронного обучения.

1. СТАНДАРТИЗАЦИЯ МЕТАДААННЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

База знаний представляет собой хранилище информации, представленной особым образом. Также можно сказать, что база знаний представляет собой базу данных особого рода, разработанную для оперирования знаниями (метаданными). Согласно международному стандарту ISO/IEC 19788 «Обучение, образование и подготовка. Метаданные для образовательных ресурсов» метаданные представляют собой элементы, используемые для описания образовательных ресурсов [1]. Стандарт ISO/IEC 19788 определяет базовый уровень элементов данных, необходимых для корректного и достаточного поиска образовательного ресурса. Стандарт также обеспечивает совместимость терминологии, принятой в стандартах Дублинского ядра и записей MLR (Metadata Learning Resource).

Современные базы знаний работают совместно с системами поиска и извлечения информации. Но в отличие от баз данных базы знаний представлены в виде семантических сетей и могут содержать данные разного типа.

Стандартизация метаданных предоставляет возможность более гибко управлять процессами обработки информации в базах знаний, такими как поиск, корректировка, дополнение и удаление.

2. ПОНЯТИЕ ПРИКЛАДНОГО ПРОФИЛЯ ЭЛЕКТРОННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО РЕСУРСА

Для управления различными образовательными ресурсами или различными данными в пределах одного ресурса используются прикладные профили, которые представляют собой определенный структурированный набор спецификаций элементов данных (примеры использования приведены в различных частях международного стандарта ISO/IEC 19788 и в других источниках), выбранный для удовлетворения конкретных потребностей пользователей [2].

Прикладной профиль имеет следующие атрибуты:

- идентификатор (идентификатор прикладного профиля);
- имя (имя прикладного профиля);
- описание (описание прикладного профиля).

Идентификация элементов данных должна быть полностью документирована. Этот процесс не зависит от того, как информационные системы разработчиков и исполнителей строят свои базы данных (например, в качестве хранилища учебных ресурсов, в качестве микроформатов). Это достигается за счёт использования спецификации элемента данных. Спецификация элемента данных состоит из идентификатора (для спецификации элементов данных) и перечня (определённого) элементов данных, а также атрибутов с правилами определения значений для этих атрибутов. Взаимосвязь элемента данных, спецификации элемента данных и прикладных профилей является основополагающим фактором описания метаданных электронных образовательных ресурсов.

Метаданные могут иметь различный статус: обязательный, условный или опциональный [3, 4]. Статусы применяются к признакам элемента данных (в спецификации элемента данных), они указывают на условия использования того или иного атрибута.

3. КЛАСС ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

В области информационных технологий для обучения, образования и подготовки (ITLET), образовательные ресурсы часто используются для получения конкретного результата, который может быть описан в той или иной форме, например в рамках курса обучения, плана урока, учебной программы и т.д. Информация о ресурсе может включать в себя его тематику и вид, часто связанные с определённым образовательным уровнем, а иногда и с соответствующим описанием метода преподавания. Кроме того, результаты обучения также могут быть измерены или установлены с помощью той или иной формы оценки.

К проблеме создания и оценки качества информационных технологий, направленных на проведение оценки знаний, должны быть привлечены различные участники, которые имеют отношение к образовательному ресурсу, такие как методисты, преподаватели и разработчики. Такие процедуры могут быть применены как для аттестации учащегося преподавателем, так и применяться для самоконтроля, подготовки к различного вида контрольным мероприятиям, а также для проверки усвоения материала — теоретического или практического.

Согласно терминологии стандарта ISO/IEC 19788 набор ресурсов, который может быть идентифицирован путём перечисления или описания границ и значений и чьи свойства и поведение используют одни и те же правила, определяется понятием «класс ресурсов». Спецификация класса ресурсов «Аннотация» представлена в табл. 1.

Идентификатор	ISO_IEC_19788-5:2012::RC0001
Имя	Аннотация
Определение	Набор комментариев к учебному ресурсу
Подкласс	ISO_IEC_19788-1:2011::RC0001 (Ресурс)
Примечание	

Учебные элементы, такие как аннотация к ресурсу, лингвистическая принадлежность, информация о будущих пользователях, образователь-

ные методы, требования к начальному уровню знаний аудитории, принадлежность к образовательным программам, временные характеристики, различные технические требования, объединённые в один класс образовательных ресурсов предоставляют собой инструментарий для более гибкого управления образовательными ресурсами, их использованием в образовательной деятельности, связи с учебными планами или программами обучения и с конкретными целевыми группами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вопросы интероперабельности данных при внедрении различных систем электронного обучения в значительной области сократятся при ознакомлении разработчиков электронных образовательных ресурсов с требованиями основополагающих стандартов в области стандартизации метаданных образовательных ресурсов. Это позволит создавать конкурентоспособные образовательные среды и ресурсы. Данная модель описания и применения метаданных также необходима для облегчения повторного использования образовательного ресурса, так как она в значительной степени облегчает описание и поиск электронных образовательных ресурсов через их метаданные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Позднеев Б.М., Тихомирова В.Д. Стандартизация метаданных электронных образовательных ресурсов // Открытое образование. Научно-практический журнал. М.: МЭСИ. №1 (108). 2015. С. 55—59.
2. ГОСТ ISO/IEC 19788-1–201_ Информационные технологии. Обучение, образование и подготовка. Метаданные для образовательных ресурсов. Часть 1. Структура (Окончательная редакция).
3. ГОСТ ISO/IEC 19788-3–201_ Информационные технологии. Обучение, образование и подготовка. Метаданные для образовательных ресурсов. Часть 3. Основной профиль приложения (Первая редакция).
4. Тихомирова В.Д., Иванова Т.В. Обеспечение эффективности управления электронными образовательными ресурсами и знаниями на основе стандартизации метаданных // Сборник трудов V Международной конференции «ИТ-Стандарт 2015». М.: TCDprint, 2014. С. 335—341.

V.D. Tikhomirova

v.tikhomirova@stankin.ru
MSTU «STANKIN», Moscow

BASES OF EFFECTIVE MANAGEMENT OF ELECTRONIC EDUCATIONAL RESOURCES WITH APPLICATION OF METADATA STANDARDIZATION

SUMMARY

This report describes the basic approaches to knowledge management on the example of standards for metadata definition. The fundamental provisions of the international standard ISO/IEC 19788, contains requirements for the specification of electronic educational resources are considered. Identified typical characteristics needed to describe an educational resource.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИМ РАСЧЁТАМ НА PYTHON

АННОТАЦИЯ

Доклад посвящён электронному учебно-методическому комплексу (ЭУМК) по научно-техническим расчётам на языке программирования Python. Рассматривается экосистема Python, наиболее часто используемые в научно-технических расчётах библиотеки средства разработки. ЭУМК включает в себя текстовые ресурсы, более 150 видеосюжетов продолжительностью 51 час, 130 примеров решённых задач с исходными текстами. ЭУМК применяется в виде статического сайта, а также веб-приложения на Django. В заключение обсуждаются уроки, извлечённые в процессе разработки и применения ЭУМК.

ВВЕДЕНИЕ

Навыки проведения научно-технических расчётов являются неотъемлемой частью инженерного образования. Так сложилось, что в России основными инструментами для проведения научно-технических расчётов стали проприетарные системы, включая MatLab, Maple, Mathematica, MathCAD. Следует отметить, что существенно более обеспеченные американские университеты широко используют для научно-технических расчётов бесплатные системы, к которым относится Python. Более того, в области статистических расчётов и обработки данных бесплатная система R вытесняет своих проприетарных конкурентов.

1. ЭКОСИСТЕМА PYTHON

В настоящее время язык программирования Python занял лидирующее положение в качестве первого языка программирования при подготовке исследователей и инженеров [1]. Связано это с тем, что Python обладает мощной расширяющейся экосистемой для проведения научно-технических расчётов. Данная система построена на основе пакета NumPy, обеспечивающего удобные программные интерфейсы для работы с массивами и библиотеками численных методов. Следует отметить, что возможности индексации и работы с массивами в NumPy не уступают, а в ряде случаев превосходят средства, имеющиеся в MatLab. В свою очередь пакет SciPy даёт возможность решать задачи линейной алгебры, включая средства работы с разреженными матрицами, интегрирования, интерполяции, аппроксимации, решения дифференциальных уравнений, обработки сигналов и изображений, статистики, машинного обучения. Библиотека matplotlib и её производные содержат развитые средства графического представления результатов расчё-

тов в виде, пригодном для публикации в научных изданиях. Удобные средства для работы со сложными структурами данных имеются в пакете pandas. Символьные вычисления удобно выполнять с помощью пакета SymPy. Это лишь малая толика того, что содержит экосистема Python для проведения научно-технических расчётов.

Считается, что перед началом программной реализации решения задачи с помощью экосистемы Python следует обязательно осуществить поиск на сайте Stack Overflow и в Google, так как скорее всего найдётся несколько вариантов того, что сможет ускорить достижение цели.

Среди других особенностей экосистемы необходимо отметить «стильность», под которой понимаются высокие требования к удобочитаемости исходного текста программ. Эти требования поддерживаются как на уровне самого языка, так и на уровне руководств по написанию программного кода. Результатом является распространение программного обеспечения в исходных кодах, поощрение чтения программного кода как универсального руководства пользователя.

Другой особенностью экосистемы является ортогональность, дающая возможность обучаемым уже на первых порах писать полезные программы и, более того, представлять результаты расчётов в наглядной форме.

Экосистема функционирует практически на всех распространённых платформах, начиная от Arduino и Raspberry и кончая суперкомпьютерными системами.

Расчёты можно проводить как с помощью простейшего текстового редактора из командной строки, так и используя развитые интегрированные системы разработки (IDE). Здесь необходимо упомянуть ipython notebook — веб-приложение, позволяющее писать программы и проводить расчёты в любом современном браузере, комбинируя в веб-документе исходный код, результаты расчётов, графику, форматированные пояснения, рисунки и даже видео. Кроме того, доступно большое число качественных бесплатных IDE, например PyCharm Community Edition, а также PyScripter и Spyder.

Экосистема представляет собой конгломерат пакетов и модулей с многочисленными взаимозависимостями, поэтому поддержание её в непротиворечивом и актуальном состоянии представляет собой непростую задачу. Именно поэтому целесообразно использовать специализированные

и регулярно обновляемые дистрибутивы для проведения научно-технических расчётов, включая Python(x,y), Enthought Canopy, Anaconda. Перечисленные дистрибутивы распространяются бесплатно, во всяком случае для студентов и преподавателей. Имеется и переносимый дистрибутив WinPython, работать с которым можно, не устанавливая его. К сожалению, поддержка Portable Python — другого переносимого дистрибутива — в настоящее время прекращена. Перейдём теперь к архитектуре электронного учебно-методического комплекса (ЭУМК) по проведению научно-технических расчётов на Python.

2. ПОСТРОЕНИЕ ЭУМК

Представляется, что научиться решать задачи можно, только решив много задач. Поэтому основным методическим приёмом ЭУМК является совместное решение со студентами задач, благо лекционные занятия из программы дисциплины изъяты. Данный приём почерпнут из серии книг П. Дейтел и Х. Дейтел «Как программировать на ...», см., например, [1]. Задачи должны быть сравнительно небольшие и решаться не более одного академического часа. Более трудоёмкие задачи выносятся в домашние задания и расчётное задание, которое, как правило, должно представлять собой небольшой вычислительный эксперимент. Основные конструкции языка также раскрываются при решении задач. Как показал опыт, для решения расчётных задач необходимо сравнительно небольшое подмножество языка, которое постепенно расширяется.

Вторым положением, которое существенно повлияло на построение комплекса, является наглядность — практически любой результат расчёта должен быть представлен в графической форме. Именно поэтому даже при изложении основных конструкций языка использовалось рисование с помощью черепашки, а в дальнейшем широко применялась графическая библиотека matplotlib.

При построении ЭУМК на основе примеров приходится основное содержание дополнять справочным материалом, например было сделано приложение, посвящённое визуализации результатов расчётов на основе библиотеки matplotlib.

При разработке рабочей программы дисциплины пришлось столкнуться со своеобразной проблемой — отсутствием книг на русском языке, которые можно было бы указать в основной литературе по дисциплине. Парадоксальность ситуации усугубляется обилием информации в Интернет, а также вышедших в последние годы книгах на английском языке [2—8], наиболее интересной из которых является учебник Ханса Лантангена [2], выдержавший четыре издания. Кстати, для электронного издания своей книги

Лантанген доработал и использовал средства документирования экосистемы Python.

3. ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ЭУМК

Уже в начале работы пришлось задуматься о технологиях оперативной разработки ЭУМК. Попытки написания традиционного учебного пособия показали, что уложить материал в разумный объём за умеренное время не представляется возможным, после чего большинство материалов курса готовились в виде видеосюжетов с помощью Camtasia Studio [9].

Необходимо отметить, что на начальном этапе разработки ЭУМК была сделана существенная ошибка — сюжеты, совпадающие с темами занятий, делались продолжительными (1 или 2 академических часа). Это неправильно по нескольким соображениям. Длинные сюжеты труднее разрабатывать и монтировать, студентам трудно искать в них нужную информацию. С ними трудно работать не отвлекаясь. Наконец, продолжительные сюжеты сложнее публиковать на видеохостингах. В [10] рекомендуется разрабатывать сюжеты продолжительностью не более 10—15 минут, что в свою очередь требует реструктурирования учебного материала с целью разбиения его на короткие логические единицы.

Условия задач, информация о языковых конструкциях, планы занятий подготавливались в виде презентаций в PowerPoint. При съёмке видеосюжетов приходилось оперативно переключаться между окном презентации и окном интегрированной системы разработки. После съёмки, которая проводилась, как правило, после занятия по соответствующей теме, снятые материалы монтировались в сюжет, который на следующем занятии передавался студентам.

ЭУМК состоит из большого количества (более 500) разнородных фрагментов. Он включает в себя документы (программа дисциплины, учебно-методические материалы по разделам дисциплины, варианты расчётных заданий, задачи для контрольных) в форматах MS Word, html, pdf, видеосюжеты в формате mp4. Исходные тексты примеров готовились в текстовом формате, html, а также irupr — формате записной книжки iruphon, картинки же с результатами визуализации решения задач — в формате png.

4. СОДЕРЖАНИЕ ЭУМК

ЭУМК состоит из трёх основных разделов. Первый раздел посвящён основным конструкциям языка программирования Python.

Второй раздел — основной — включает в себя следующие темы: технологии проведения научно-технических и инженерных расчётов; ограничения использования «чистого» Python; методы ускорения проведения расчётов; пакет NumPy; массивы; типы данных массивов; арифметиче-

6. ПРИМЕНЕНИЕ ЭУМК В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

ЭУМК может использоваться в нескольких вариантах. Во-первых, на первом занятии по дисциплине студентам раздаётся статический вариант; во-вторых, имеется переносимый вариант веб-приложения ЭУМК, с которым можно работать либо с переносного диска, либо с флеш-накопителя. В-третьих, веб-приложение ЭУМК установлено в интрасети университета и используется на занятиях для демонстрации работы приложений. Наконец, во время подготовки доклада автор узнал ещё об одном способе применения ЭУМК. Студенты начали постепенно выкладывать его на YouTube, мотивируя тем, что так видеосюжеты удобнее просматривать в транспорте на увеличенной скорости.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Работа над ЭУМК показала, что использование видео в сочетании с презентациями и отображением того, что происходит на экране компьютера, позволяет оперативно и с умеренной трудоёмкостью создавать образовательный контент по дисциплинам, связанным с информационными технологиями, программированием, научно-техническими расчётами.

Задачи, решаемые в видеосюжетах, должны быть лаконичными, иметь наглядный графический результат, допускать проведение вычислительного эксперимента (многовариантные расчёты, нахождение допустимой области значений входных параметров, оптимизация).

Желательно, чтобы продолжительность видеосюжетов не превышала 10—30 минут. Сюжеты должны быть построены так, чтобы их можно было использовать независимо друг от друга.

Ещё некоторые пожелания. Нельзя жалеть денег на покупку качественной гарнитуры, в противном случае придётся напрягать голосовые связки и многократно переснимать сюжеты.

Отношение ширины кадра к высоте должно быть 6:9 или 6:10, но не 3:4, как это делал автор, с тем, чтобы сюжеты было бы удобно просматривать на смартфоне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Дейтел П., Дейтел Х.** С для программистов с введением в C11. Руководство. СПб.: Питер, 2014.
2. **Langtangen H. P.** A Primer on Scientific Programming with Python. Fourth Edition, Springer Heidelberg, Germany, 2014.
3. **Devert A.** Matplotlib Plotting CookBook. PACT Publishing, Birmingham, UK, 2015.
4. **Blanco-Silva F.J.** Mastering Python. PACT Publishing, Birmingham, UK, 2015.
5. **Mehta H.K.** Mastering Python Scientific Computing. PACT Publishing, Birmingham, UK, 2015.
6. **Idris I.** Learning NumPy Array. PACT Publishing, Birmingham, UK, 2015.
7. **Johansson R.** Numerical Python: A Practical Techniques Approach for Industry, N.-Y., Apress, USA, 2015.
8. **Idris I.** NumPy Cookbook. Second Edition. PACT Publishing, Birmingham, UK, 2014.
9. **Demyan D.B.** E-learning with Camtasia Studio. PACT Publishing, Birmingham, UK, 2014.
10. **Pomerol J.-C., Epelboin Y., Thoury C.** MOOCs. Design, Use and Business Model. ISTE Ltd., JohnWiley & Sons, London, 2015.

A.I. Tikhonov

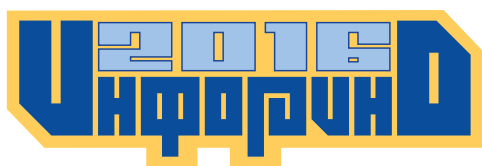
TikhonovAI@mpei.ru

National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

ELECTRONIC EDUCATIONAL RESOURCE ON PYTHON SCIENTIFIC COMPUTING

SUMMARY

The report focuses on the electronic educational resource (EER) for scientific and technical computing with the Python programming language. Python ecosystem, most commonly used packages, and libraries, development tools in the scientific and technical computing are reviewed. EER includes text resources, more than 150 videos lasting more than 51 hours, 130 examples of solved problems with the source code. EER may be used as a static site, as well as Django web applications. Finally, we discuss the lessons learned in the EER development and application.



АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Kalová J. 11
Maresch G. 15
Mollicone A. 19
Petrova I.V. 608

А

Агамиров Л.В. 483, 645
Александров А.С. 172
Алехин Р.В. 23
Альшакова Е.А. 31
Альшакова Е.Л. 27, 31
Андрианов Д.П. 35
Андрианов И.А. 485
Андрюшин А.В. 489
Антонов А.А. 647
Апкарян А.Г. 551
Архипов О.Г. 37
Афанасьев А.Н. 567
Афанасьева Т.К. 43
Афлитонов Д.В. 263
Ахмедов Н.Б. 265

Б

Бадамшина Э.Б. 572
Бакланова Н.Б. 539
Бамбуркина И.А. 572
Басалаева Ю.С. 617
Белогловский А.А. 268
Белоусов М.И. 47
Бериллов А.В. 525
Бирюкова О.В. 574
Блинников А.А. 272
Богатенков С.А. 276, 578
Богомолов В.Г. 51, 280
Богомолова Е.П. 651
Богомолова Т.В. 284
Борисова А.Ю. 192
Бочков С.И. 567
Брейдо И.В. 299, 316
Брюшков Р.В. 304
Будникова И.К. 55
Булыгина О.В. 118
Бурдо Г.Б. 57
Буров В.Д. 451
Бухарова Е.С. 196
Буштрुक А.А. 61
Буштрुक Т.Н. 61, 295
Быков В.В. 288
Быков В.П. 288

В

Варшавский П.Р. 23
Василенко Е.С. 547
Васьковский А.А. 67, 69
Ватулин Я.С. 288
Вахрамеев Е.Н. 443
Вершинин Д.В. 67, 71
Вешкин В.В. 295
Виленчиц Б.Б. 491

Винников А.М. 655
Воеводин Е.Ю. 567
Войткевич С.В. 299
Вольман М.А. 75
Воробьев Ю.Б. 467
Воробьева И.А. 77
Ву ТхеЧунг Зыап 88
Вязовцев Ю.С. 83

Г

Гавриленко А.Б. 88
Гайнутдинов Р.М. 537
Ганин П.Е. 47
Гинце А.А. 253
Глуханова А.А. 627
Годжелло А.Г. 533
Голубева Т.В. 301
Горин А.Н. 304
Горкин В.П. 502
Горшенин А.К. 92
Грачева О.А. 681
Григорьева А.Н. 485
Гридина Е.Г. 96
Гришаков А.Ю. 308
Грузков Д.С. 525
Гузненков В.Н. 100
Гусаров А.В. 582

Д

Давыдова Е.Н. 102
Дайч Л.И. 463
Данилова Е.А. 106
Данилова У.Б. 110
Демидов С.Г. 112
Дёмин М.В. 304
Джамалов Г.К. 159
Долбикова Н.С. 489
Долгов Г.Ф. 310
Дохтаева И.А. 114, 312
Дудолин А.А. 659

Е

Егоров А.Ф. 627
Егоров И.А. 253
Егорова Т.М. 567
Ежов Г.А. 96
Елисеева О.И. 110
Емельянов А.А. 118
Емельянов Д.М. 455
Емельянова Н.З. 118
Енгальчев И.Р. 582
Епишкина А.В. 123
Еремеев А.П. 125
Ермишина Н.Д. 664
Есюткин А.А. 494
Ефанов А.А. 253
Ефимов А.А. 498

Ж

Жапарова Б.К. 666

Жматов Д.В. 502
Жохова М.П. 586
Жумагулова Д.К. 537
Журбенко П.А. 100

З

Зайцев М.В. 61
Зеленцов В.В. 131

И

Иванов В.А. 463
Иванов Н.А. 192
Игнатова И.Г. 669
Ижуткин В.С. 272
Изюмов М.А. 443
Ионкин И.Л. 471
Ипполитов В.А. 407
Ишмуратова А.М. 326

К

Каверин В.В. 299
Калинин А.А. 316
Калинина Г.А. 135
Калинина Я.В. 421
Каминский С.Е. 318
Кандауров А.В. 322
Касаткина Е.П. 142
Каширина Н.В. 146
Каяшева Г.А. 83, 326, 376, 505
Киет С.В. 489
Киреев Р.С. 505
Киреев С.И. 639
Кирсанов М.Н. 673
Кирякина С.А. 123
Киселёв В.И. 509
Китаев А.А. 331
Кленина Л.И. 675, 677
Кобзев А.А. 335
Кобрин А.И. 47, 202
Кожевников А.В. 23
Колосов О.С. 494
Комиссарова Т.Н. 340
Кондратьева О.Е. 513
Конев К.А. 588
Копков М.В. 407
Корецкая И.В. 574
Корешкова Н.С. 340
Косой А.А. 421
Костерин В.В. 578
Кравченко Н.С. 543
Краюшкин В.В. 151, 592, 679
Краюшкин К.В. 151, 592, 679
Крепков И.М. 186
Крицкий А.Б. 342
Крупин Г.В. 69, 153
Крюков А.Ф. 71, 153
Кувалдин А.Б. 594
Кузицин В.Ф. 517
Кузнецов П.А. 151

Кузнецов Э.В. 509, 519
Кузьмина И.А. 346
Кукин Е.А. 533
Куклев В.А. 567
Кулаков П.А. 348
Кулешов Д.К. 304
Кульга К.С. 331
Купцов С.Ю. 366
Купчинов А.Д. 647
Куриленко И.Е. 159, 352
Кучин В.Н. 316

Л

Лабахуа Л.Р. 88
Лагунова М.В. 163
Лазарев И.Б. 284
Лампель А.Ю. 419
Лапицкая И.А. 523
Лапицкий К.М. 523, 572
Лебедева А.И. 356
Лекарева А.В. 335
Лемешев В.А. 51
Лешихина И.Е. 360
Липай Б.Р. 525
Лисицын Д.В. 529
Лукашевский М.В. 635
Лукманов В.С. 582
Лукьянец О.Ф. 318
Люттов А.А. 502
Лямасов А.К. 366

М

Макаревич Е.В. 659
Маликова Е.А. 613
Маннанов Ф.Ф. 376
Маран М.М. 146
Маркидонов А.В. 370
Маслов Р.С. 399
Маслов С.И. 598
Матухин П.Г. 681
Мельников С.Ю. 498
Мерзликина Е.И. 489, 517
Меркурьев И.В. 88
Мещерский В.А. 172
Мигров А.А. 288
Микони С.В. 167
Милюков И.А. 645
Минзов А.С. 172, 178, 184,
210, 259
Можей Н.П. 602
Молоканов А.А. 483
Молчанов И.В. 372
Монаков Ю.В. 647
Мороховец Ю.Е. 135
Москвин В.Г. 47, 433
Мошкова Т.В. 163
Муравьёва Е.А. 376
Мурзакаев П.В. 533

Н

Нарышкин Д.Г. 386
Наумович Ю.В. 178
Невский А.Ю. 212, 229
Никитина И.С. 489

Николаев В.П. 433
Новикова О.В. 403
Носов К.Г. 180, 218

О

Овсянникова М.Р. 186
Окнин Е.П. 647
Олейникова Е.Н. 659
Орлов И.В. 382
Осина М.А. 386
Осипов П.А. 184
Очков В.Ф. 604

П

Павлова Е.А. 675, 677
Палагин Г.В. 394
Парфенов Е.В. 582
Паршина Г.И. 390, 537
Певницкая Е.В. 681
Петров С.А. 186
Петухова Л.В. 190
Пирогова М.А. 360
Плешанов К.А. 394, 399
Подкопаева И.А. 611
Позняк Е.В. 403
Полежаев Ю.О. 192, 196
Полетаева Е.В. 57
Полотнов М.М. 234
Поляк Р.И. 67, 71
Попов А.А. 190, 539
Попов В.К. 491
Попов С.К. 407
Потехин П.А. 455
Прудников А.А. 356
Путилов В.Я. 613
Путилова И.В. 613
Пчельник В.К. 413

Р

Ратникова Т.А. 651
Ревинская О.Г. 543
Ржеуцкая С.Ю. 617
Римашевская Е.Д. 415
Рожина Е.Н. 621
Роменский С.А. 163
Росляков П.В. 198, 419, 513
Ротков С.И. 163
Ростовиков М.В. 639
Румянцева О.А. 163
Русаков А.М. 202
Рычкова А.В. 206

С

Сабанин В.Р. 421, 425
Савицкая Т.В. 429, 623, 627
Савченко О.В. 459
Санаев И.Е. 272
Сафронова А.Н. 537
Сальников Е.Д. 429
Свистунов И.Н. 407
Семёнов В.К. 75
Семенчев И.Е. 210
Семенютенко С.В. 196
Сергеев А.В. 212

Сидорова А.В. 190
Синицын Е.Н. 433
Скрабатун Д.Н. 437
Смерчинская С.О. 214
Смирнов А.Д. 443
Смирнов В.А. 295
Соколов А.В. 604
Соколов В.П. 645
Соколова Н.Ю. 669
Станкевич И.В. 525
Старостин А.А. 425
Старостина Л.А. 441
Степанушкина М.Р. 407
Столбова И.Д. 218
Суконщиков А.А. 114, 312
Супранов В.М. 443
Суханова К.В. 447
Суховерхий В.А. 142
Сычикова Я.А. 222

Т

Тельной В.И. 206
Теплов Б.Д. 451
Титов Д.А. 71, 153
Тихомирова В.Д. 685
Тихонов А.И. 598, 687
Токарев В.А. 227
Топорков В.В. 455
Трофимов А.В. 631
Тюрина В.А. 163

Ф

Фахриева С.А. 459
Федин М.А. 594
Федоров А.Б. 186
Федорович С.Д. 635
Федотов А.А. 280
Федотова Л.Л. 229
Фешин Б.Н. 390, 463
Фомин Г.А. 234
Фролов А.Б. 655
Фролов Н.Я. 67, 69

Х

Хейфец А.Л. 238
Хесина Е.А. 142
Хлыст Е.Г. 399
Хоанг Ван Ва 517
Хорев П.Б. 245
Хроматов В.Е. 340
Хруслов Л.Л. 639

Ч

Чახеев Е.Я. 142
Чен Д.А. 537
Чернецов А.М. 69, 153, 249
Чернов П.Л. 253
Чибизова Н.В. 125
Чудов В.Л. 604
Чудопал Ю.С. 198, 419
Чуркина Л.В. 257
Чухров А.А. 259
Чыонг Ван Н.К. 467

Ш

Шамароков А.С. 433
Шарипов М.И. 83, 326, 376, 505
Шведов Г.В. 459, 547
Шевелев Ю.П. 227
Шевцов С.С. 471
Шевчук В.П. 551
Шепелев С.В. 475
Шилин Д.В. 47
Шипков А.А. 263, 475
Шишкина А.Ф. 348
Шишов В.А. 639
Шмелёв В.Е. 555
Шпаков А.С. 560
Шушкевич Г.Ч. 477
Шушкевич С.В. 477

Щ

Щеглов Г.А. 131
Щербаков П.П. 635
Щербаков С.П. 635
Щетинин Д.Ю. 562
Щуров А.А. 272

Э

Эльсгольц С.Л. 681

Я

Якимов И.А. 190
Яшина Н.П. 214

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. ИНФОРМАЦИОННОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

<i>Kalová J.</i> HIGHER DIMENSIONS IN MATH EDUCATION	11
<i>Maresch G.</i> HOW TO DEVELOP SPATIAL ABILITY? RESULTS FROM THE RESEARCH PROJECT GEODIKON	15
<i>Mollicone A.</i> TO DETERMINE THE SHADE CONTOUR OF THE AXIAL ROULED HELICOID.....	19
<i>Алехин Р.В., Варшавский П.Р., Кожевников А.В.</i> РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО АНАЛИЗ И ФОРМИРОВАНИЕ ПОДБОРКИ СТАТЕЙ ИЗ ИНТЕРНЕТ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ WIKI ДЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ БИБЛИОТЕК И БАЗ ЗНАНИЙ	23
<i>Альшакова Е.Л.</i> ПРОГРАММА АВТОМАТИЗАЦИИ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕСТИРОВАНИЯ МЕТОДОМ ВИЗУАЛИЗАЦИИ МНОГОМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ИНЖЕНЕРНЫХ ДИСЦИПЛИН.....	27
<i>Альшакова Е.Л., Альшакова Е.А.</i> СОВРЕМЕННЫЙ ДИЗАЙН: ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ТОВАРОВ	31
<i>Андреанов Д.П.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ПАКЕТОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИН НАПРАВЛЕНИЯ «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА».....	35
<i>Архипов О.Г.</i> БАЗОВАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ПОДГОТОВКА В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ СЕГОДНЯ	37
<i>Афанасьева Т.К.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИСТОРИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	43
<i>Белоусов М.И., Ганин П.Е., Кобрин А.И., Москвин В.Г., Шилин Д.В.</i> ИНТЕРАКТИВНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ В ЦП ФЕСТО НИУ «МЭИ».....	47
<i>Богомолов В.Г., Лемешев В.А.</i> ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ПРЕПОДАВАНИЯ РЕАКТИВНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ	51
<i>Будникова И.К.</i> ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ МАГИСТРОВ НА ПРИМЕРЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА НАУЧНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА».....	55
<i>Бурдо Г.Б., Полетаева Е.В.</i> ОНТОЛОГИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ КАК ОСНОВА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ.....	57
<i>Буштрук Т.Н., Зайцев М.В., Буштрук А.А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ	61
<i>Васьковский А.А., Вершинин Д.В., Поляк Р.И., Фролов Н.Я.</i> ИНФОРМАТИЗАЦИЯ КАК НЕОТЪЕМЛЕМЫЙ КОМПОНЕНТ КОНКУРСНОГО ОТБОРА АБИТУРИЕНТОВ ПРИЁМНОЙ КОМИССИЕЙ	67
<i>Васьковский А.А., Г.В. Крутин, Фролов Н.Я., Чернецов А.М.</i> ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ФЕДЕРАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ И ПРИЁМА	69
<i>Вершинин Д.В., Крюков А.Ф., Поляк Р.И., Титов Д.А.</i> ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПРИЁМНОЙ КОМИССИИ «МЭИ».....	71

<i>Вольман М.А., Семёнов В.К.</i> ТРЕНАЖЁРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ В ВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКЕ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ АЭС.....	75
<i>Воробьёва И.А.</i> ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МАРШРУТИЗАЦИИ В РАСПРЕДЕЛЁННЫХ СИСТЕМАХ КАК ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ИНЖЕНЕРА.....	77
<i>Вязовцев Ю.С., Шарипов М.И., Каяшева Г.А.</i> СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫПЛАТЫ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ.....	83
<i>Гавриленко А.Б., Лабахуа Л.Р., Меркурьев И.В., Ву ТхеЧунг Зыан</i> РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ МОБИЛЬНОГО РОБОТА С РОЛИКОНЕСУЩИМИ КОЛЕСАМИ	88
<i>Горшенин А.К.</i> НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ УЧАЩИХСЯ.....	92
<i>Гридина Е.Г., Ежов Г.А.</i> ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УНИВЕРСИТЕТА	96
<i>Гузненков В.Н., Журбенко П.А.</i> СТРАТЕГИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ.....	100
<i>Давыдова Е.Н.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИРУЮЩИХ ПРОГРАММ ПРИ ОБУЧЕНИИ ИНЖЕНЕРОВ В ОБЛАСТИ ИТ-ТЕХНОЛОГИЙ	102
<i>Данилова Е.А.</i> РОЛЬ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ В СИСТЕМЕ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ БАКАЛАВРОВ	106
<i>Данилова У.Б., Елисеева О.И.</i> МУЛЬТИМЕДИЙНЫЕ ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЯХ ПО НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ	110
<i>Демидов С.Г.</i> ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРЕПОДАВАНИИ ГРАФИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН	112
<i>Дохтаева И.А., Суконциков А.А.</i> ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА SCILAB ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКЕ И НЕЙРОННЫМ СЕТЯМ.....	114
<i>Емельянов А.А., Булыгина О.В., Емельянова Н.З.</i> ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ: СИСТЕМОТЕХНИКА В ЭКОНОМИКЕ	118
<i>Епишкина А.В., Кирякина С.А.</i> РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ШИФРАТОРА ДЛЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ.....	123
<i>Еремеев А.П., Чибизова Н.В.</i> ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «СИМПР-2015» И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАТИКА»	125
<i>Зеленцов В.В., Щеглов Г.А.</i> ИНТЕГРАЦИЯ САД-ТЕХНОЛОГИЙ И 3D-ПЕЧАТИ В КУРСЕ КОМПОНОВКИ БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ.....	131
<i>Калинина Г.А., Мороховец Ю.Е.</i> ПРОСТОЙ ЯЗЫК ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПРОГРАММИРОВАНИЮ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ, ОСНОВАННОМУ НА ПЕРЕДАЧЕ СООБЩЕНИЙ	135

<i>Касаткина Е.П., Хесина Е.А., Чахеев Е.Я., Суховерхий В.А.</i> ГЕНЕРАТОР ЗАДАНИЙ ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКЕ	142
<i>Каширина Н.В., Маран М.М.</i> ПРИНЦИПЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ПРОГРАММНОЙ ИНЖЕНЕРИИ	146
<i>Краюшкин В.В., Краюшкин К.В., Кузнецов П.А.</i> АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ТЕСТИРОВАНИЯ ЗНАНИЙ В СРЕДЕ ИНТЕРНЕТ	151
<i>Крупин Г.В., Крюков А.Ф., Титов Д.А., Чернецов А.М.</i> ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ «НАДЕЖДА ЭНЕРГЕТИКИ»	153
<i>Куриленко И.Е., Джамалов Г.К.</i> РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТОВ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕСТИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ	159
<i>Лагунова М.В., Мошкова Т.В., Роменский С.А., Ротков С.И., Румянцева О.А., Тюрина В.А.</i> УПРАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРАМИ ПОВЕРХНОСТЕЙ В ЭЛЕКТРОННОМ ТРЕНАЖЁРЕ.....	163
<i>Микони С.В.</i> ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ, РЕАЛИЗУЮЩИЙ СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ МЕТОДОВ ВЫБОРА ПО МНОГИМ КРИТЕРИЯМ	167
<i>Минзов А.С., Александров А.С., Мецкерский В.А.</i> НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ УТЕЧЕК ИНФОРМАЦИИ В КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ	172
<i>Наумович Ю.В., Минзов А.С.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ПОИСКОВОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К МОДЕЛИ СПЕЦИАЛИСТА В СФЕРЕ ИТ.....	178
<i>Носов К.Г.</i> ОБ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ТРЁХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ САПР	180
<i>Осипов П.А., Минзов А.С.</i> АНАЛИЗ И КЛАССИФИКАЦИЯ СОБЫТИЙ В КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ	184
<i>Петров С.А., Крепков И.М., Федоров А.Б., Овсянникова М.Р.</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ КАДРОВОГО УЧЁТА КАК СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ВУЗОМ	186
<i>Петухова Л.В., Попов А.А., Сидорова А.В., Якимов И.А.</i> ИНТЕРАКТИВНЫЕ ИЛЛЮСТРАЦИИ ДЛЯ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ	190
<i>Полежаев Ю.О., Борисова А.Ю., Иванов Н.А.</i> ГЕОМЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИОННЫЕ ЗНАКИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОНИЧЕСКОГО АППАРАТА ОТОБРАЖЕНИЯ	192
<i>Полежаев Ю.О., Семенютенко С.В., Бухарова Е.С.</i> ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КОМПОЗИЦИОННЫХ СВОЙСТВ КВАДРИК	196
<i>Росляков П.В., Чудопал Ю.С.</i> ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОТЛОВ.....	198
<i>Русаков А.М., Кобрин А.И.</i> ПЛАНИРОВАНИЕ КАК ЭЛЕМЕНТ РАБОТЫ ГРУППЫ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ	202
<i>Рычкова А.В., Тельной В.И.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИДАКТИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГРАФИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН	206

<i>Семенчев И.Е., Минзов А.С.</i> МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ АГРЕССИВНОМУ СКАНИРОВАНИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ	210
<i>Сергеев А.В., Невский А.Ю.</i> СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ АВТОРСКИХ ПРАВ ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ.	212
<i>Смерчинская С.О., Яшина Н.П.</i> ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ	214
<i>Столбова И.Д., Носов К.Г.</i> САПР — ОСНОВА ГРАФИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ.	218
<i>Сычикова Я.А.</i> ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС ПРИ ПОДГОТОВКЕ БУДУЩИХ ИНЖЕНЕРОВ ...	222
<i>Токарев В.А., Шевелев Ю.П.</i> КОМПЛЕКСНАЯ ГРАФИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ.	227
<i>Федотова Л.Л., Невский А.Ю.</i> УПРАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ОРГАНИЗАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕХАНИЗМОВ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА	229
<i>Фомин Г.А., Полотнов М.М.</i> СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ ПОСТРОЕНИЮ И ПРИМЕНЕНИЮ МОДЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ.	234
<i>Хейфец А.Л.</i> ЗАДАЧА ФЕРМА О СФЕРАХ КАК ПРИМЕР ИНФОРМАТИЗАЦИИ ГЕОМЕТРОГРАФИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ	238
<i>Хорев П.Б.</i> ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СЕТЬ ДОВЕРИЯ НА ОСНОВЕ СЕРТИФИКАТОВ СТАНДАРТА Х.509.	245
<i>Чернецов А.М.</i> ВОЗМОЖНОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В ПАКЕТАХ МАТЛАВ, MAPLE И МАТНЕМАТИСА	249
<i>Чернов П.Л., Гинце А.А., Ефанов А.А., Егоров И.А.</i> ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ.	253
<i>Чуркина Л.В.</i> О БАЗОВОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРОВ	257
<i>Чухров А.А., Минзов А.С.</i> СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОТОКОВ ДАННЫХ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ РАБОТЫ АНТИФРОД СИСТЕМ.	259
Секция 2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИНЖЕНЕРНЫХ РАСЧЕТАХ И ПРОЕКТИРОВАНИИ	
<i>Афлитонов Д.В., Шипков А.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЫНОСА ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ В РАБОЧУЮ СРЕДУ ПАРОВОДЯНОГО КОНТУРА АЭС.	263
<i>Ахмедов Н.Б.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИНЖЕНЕРНЫХ РАСЧЕТАХ И ПРОЕКТИРОВАНИИ СОСТАВНЫХ ПЬЕЗОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ.	265
<i>Белогловский А.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РАЗРЯДА В ВОЗДУХЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРЁХМЕРНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ.	268
<i>Блинников А.А., Санаев И.Е., Щуров А.А., Ижуткин В.С.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИЗУЧЕНИИ ТЕОРИИ НАДЁЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ.....	272

<i>Богатенков С.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В ЗАДАЧАХ ПОИСКА НЕДОПУСТИМЫХ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ	276
<i>Богомолов В.Г., Федотов А.А.</i> РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ МЕТОДОМ КОНТРОЛЬНОГО ОБЪЁМА	280
<i>Богомолова Т.В., Лазарев И.Б.</i> РАСЧЁТ ОСЕВОГО ДИФFUЗОРА ЗА ПОСЛЕДНЕЙ СТУПЕНЬЮ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ В ПАКЕТЕ FLUENT	284
<i>Быков В.П., Ватулин Я.С., Быков В.В., Мигров А.А.</i> АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ	288
<i>Вешкин В.В., Буштрук Т.Н., Смирнов В.А.</i> ЛОКАЛЬНАЯ ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ — РАСЧЁТ МАГНИТНОЙ ЦЕПИ МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА В EXCEL	295
<i>Войткевич С.В., Брейдо И.В., Каверин В.В.</i> УНИВЕРСАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОКОВ УТЕЧКИ И ТОКОВ РАСТЕКАНИЯ ПО ЭЛЕМЕНТАМ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ОПОР	299
<i>Голубева Т.В.</i> ВНЕДРЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ДВИЖЕНИЯ ЗЕМЛЕРОЙНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН ДЛЯ РАЗРАБОТКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИХ РАБОТОЙ.....	301
<i>Горин А.Н., Дёмин М.В., Брюшков Р.В., Кулешов Д.К.</i> ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	304
<i>Гришаков А.Ю.</i> СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ИНЖИНИРИНГА	308
<i>Долгов Г.Ф.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ЯЧЕЕК ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ С ЖИДКОСТНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ В СИСТЕМЕ SOLIDWORKS	310
<i>Дохтаева И.А., Суконищikov А.А.</i> СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ В СППР.....	312
<i>Калинин А.А., Брейдо И.В., Кучин В.Н.</i> СОЗДАНИЕ И ПРОВЕРКА МОДЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ ПОТОКА ЖИДКОСТИ ВНУТРИ ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SOLIDWORKS	316
<i>Каминский С.Е., Лукьянец О.Ф.</i> РЕАЛИЗАЦИЯ УЧЕБНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАДАЧ СРЕДСТВАМИ РЕШАТЕЛЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ	318
<i>Кандауров А.В.</i> ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ	322
<i>Каяшева Г.А., Шарипов М.И., Ишмуратова А.М.</i> РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ УСТАНОВКИ СЖИГАНИЯ АБГАЗОВ	326
<i>Китаев А.А., Кульга К.С.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ЭСКИЗНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ	331
<i>Кобзев А.А., Лекарева А.В.</i> ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ С ВВЕДЕНИЕМ СИМУЛЯТОРА ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ.....	335
<i>Комиссарова Т.Н., Корешкова Н.С., Хроматов В.Е.</i> ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТОНКОСТЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ В МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ.....	340

<i>Крицкий А.Б.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНО-ИНФОРМАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ АНАЛИЗА, РАСЧЁТА И УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МЕГАПОЛИСОВ	342
<i>Кузьмина И.А.</i> СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ. ИНТЕРАКТИВНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ELNET	346
<i>Кулаков П.А., Шишкина А.Ф.</i> ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ РЕГУЛЯТОРА С АДАПТАЦИЕЙ ПО ВЕЛИЧИНЕ РАССОГЛАСОВАНИЯ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕХИМИИ	348
<i>Куриленко И.Е.</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ КРУПНЫХ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ, ПОСТРОЕННЫХ ПО СОБЫТИЙНО-УПРАВЛЯЕМОЙ АРХИТЕКТУРЕ	352
<i>Лебедева А.И., Прудников А.А.</i> РАСЧЁТНАЯ ОЦЕНКА ПОВРЕЖДЁННОСТИ ОТ МНОГОЦИКЛОВОЙ УСТАЛОСТИ РОТОРОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПАРОВЫХ ТУРБИН	356
<i>Лешихина И.Е., Пирогова М.А.</i> МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ СПОСОБОВ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КРИВЫХ И ПОВЕРХНОСТЕЙ	360
<i>Лямасов А.К., Купцов С.Ю.</i> ВНЕДРЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ САПР В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ ПО ПРОФИЛЮ «АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И АГРЕГАТЫ»	366
<i>Маркидонов А.В.</i> КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ КРАЕВОЙ ДИСЛОКАЦИИ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ МАТЕРИАЛА	370
<i>Молчанов И.В.</i> РАЗРАБОТКА ОДНОВАЛЬНОЙ ПГУ НА БАЗЕ ГТУ SGT5-8000Н ФИРМЫ СИМЕНС	372
<i>Муравьёва Е.А., Маннанов Ф.Ф., Шарипов М.И., Каяшева Г.А.</i> СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ИНФРАКРАСНЫМИ ОБОГРЕВАТЕЛЯМИ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА	376
<i>Орлов И.В.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В СРЕДЕ СИМВОЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ «МАТНЕМАТИСА»	382
<i>Осина М.А., Нарышкин Д.Г.</i> ИНТЕРАКТИВНАЯ СЕТЕВАЯ ВЕРСИЯ РАСЧЁТА КОЭФФИЦИЕНТОВ АКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОЛИТОВ И КОЭФФИЦИЕНТОВ ЛЕТУЧЕСТИ	386
<i>Паршина Г.И., Фешин Б.Н.</i> АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАСЧЁТА СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДОБЫЧНЫХ УЧАСТКОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ	390
<i>Плешанов К.А., Палагин Г.В.</i> ТЕПЛОВОЙ РАСЧЁТ ЖАРОТРУБНОГО КОТЛА	394
<i>Плешанов К.А., Хлыст Е.Г., Маслов Р.С.</i> РАЗРАБОТКА НОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОТЛОВ С КИПАЩИМ СЛОЕМ ДЛЯ СЖИГАНИЯ КОРО-ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ	399
<i>Позняк Е.В., Новикова О.В.</i> ОЦЕНКА СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ СЕЙСМИЧЕСКОГО УСКОРЕНИЯ ГРУНТА ПО ПРИРОДНЫМ АКСЕЛЕРОГРАММАМ	403
<i>Попов С.К., Свистунов И.Н., Ипполитов В.А., Степанушкина М.Р., Копков М.В.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРОЦЕССОВ И УСТАНОВОК В СРЕДЕ ASPEN PLUS	407
<i>Пчельник В.К.</i> ВЫЧИСЛЕНИЕ ОБРАТНОЙ МАТРИЦЫ ПЕРЕМЕННОГО РАЗМЕРА В ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦАХ MS EXCEL	413

<i>Римашевская Е.Д.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ТЕПЛОВЫХ И АТОМНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	415
<i>Росляков П.В., Лампель А.Ю., Чудопал Ю.С.</i> ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ РАСЧЁТОВ КОТЛОВ-УТИЛИЗАТОРОВ ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК	419
<i>Сабанин В.Р., Косой А.А., Калинина Я.В.</i> КОМПЛЕКТ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ ТЕМАТИЧЕСКОЙ АНИМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «УПРАВЛЕНИЕ И ИННОВАТИКА В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ».....	421
<i>Сабанин В.Р., Старостин А.А.</i> УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МЕТОДОВ НАСТРОЙКИ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАГРУЗКИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ ПАРОВОГО КОТЛА С ЭКСТРЕМАЛЬНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ	425
<i>Сальников Е.Д., Савицкая Т.В.</i> ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ СИНТЕЗА МНОГОАССОРТИМЕНТНЫХ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ	429
<i>Синицын Е.Н., Шамароков А.С., Москвин В.Г., Николаев В.П.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ РАСЧЁТНОГО ОБОСНОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ	433
<i>Скрабатун Д.Н.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ УДАЛЁННОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГТУ	437
<i>Старостина Л.А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В КУРСЕ «АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ»	441
<i>Супранов В.М., Изюмов М.А., Вахрамеев Е.Н., Смирнов А.Д.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЁТА КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК.....	443
<i>Суханова К.В.</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ...	447
<i>Теплов Б.Д., Буров В.Д.</i> СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ТЕПЛОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ГТУ	451
<i>Топорков В.В., Емельянов Д.М., Потехин П.А.</i> ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЗАДАНИЙ В ВИРТУАЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ ГРИД НА ОСНОВЕ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ.....	455
<i>Фахриева С.А., Шведов Г.В., Савченко О.В.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММЫ RAIP-10-СТ ДЛЯ РАСЧЁТА, АНАЛИЗА, НОРМИРОВАНИЯ И СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 6—20/0,4 КВ	459
<i>Фешин Б.Н., Дайч Л.И., Иванов В.А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СРЕДЫ MECHVIS ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ПРИВОДА	463
<i>Чьонг Ван Н.К., Воробьев Ю.Б.</i> ВОЗМОЖНОСТЬ РЕАЛИЗАЦИИ ДИАГНОСТИКИ АВАРИЙ НА АЭС НА ОСНОВЕ НЕЙРО-СЕТЕВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	467
<i>Шевцов С.С., Ионкин И.Л.</i> РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ РЕКУПЕРАЦИИ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТЕПЛОТЫ УХОДЯЩИХ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ КОТЛОВ.....	471
<i>Шепелев С.В., Шипков А.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ, РАЗМЕРОВ И МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ЭРОЗИОННО-КОРРОЗИОННЫХ ДЕФЕКТОВ НА НДС МЕТАЛЛА ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ.....	475

<i>Шушкевич Г.Ч., Шушкевич С.В.</i> ДИНАМИЧЕСКАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЧИСЛЕННЫХ РЕШЕНИЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В СИСТЕМЕ MATHCAD.....	477
---	-----

Секция 3. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УЧЕБНЫХ И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЛАБОРАТОРИЯХ

<i>Агамиров Л.В., Молоканов А.А.</i> ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ОЦЕНКЕ ПЕНООБРАЗУЮЩИХ СВОЙСТВ СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ ПРИ РАВНОМЕРНОМ ДУБЛИРОВАНИИ ОПЫТОВ	483
<i>Андреианов И.А., Григорьева А.Н.</i> ЭФФЕКТИВНЫЙ ПОИСК ПЛАГИАТА В ПРОГРАММНОМ КОДЕ ДЛЯ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ПРАКТИКУМА ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ	485
<i>Андрюшин А.В., Долбикова Н.С., Кует С.В., Мерзликina Е.И., Никитина И.С.</i> ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ CODESYS ПРИ ОБУЧЕНИИ ОСНОВНЫМ ПРИНЦИПАМ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ВОДНО-ХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ...	489
<i>Виленчиц Б.Б., Попов В.К.</i> АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ СТАЛИ.....	491
<i>Есюткин А.А., Колосов О.С.</i> АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ И АНАЛИЗА ПЕРЕХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕКТОВ АВТОМАТИЗАЦИИ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ.....	494
<i>Ефимов А.А., Мельников С.Ю.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЦЕПЯХ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА СРЕДСТВАМИ MULTISIM	498
<i>Жматов Д.В., Горкин В.П., Лютов А.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТА МАТЛАВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ	502
<i>Киреев Р.С., Шарипов М.И., Каяшева Г.А.</i> ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SCADA-СИСТЕМЫ VIJEO CITECT И КОНТРОЛЛЕРА MODICON M340	505
<i>Киселёв В.И., Кузнецов Э.В.</i> КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ТРЁХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ	509
<i>Кондратьева О.Е., Росляков П.В.</i> АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УЧЁТА ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ УЧЕБНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ТЭЦ МЭИ.....	513
<i>Кузицин В.Ф., Мерзликina Е.И., Хоанг Ван Ва</i> ИЗУЧЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ С ПРЕДИКТОРОМ СМИТА В SUMULINK	517
<i>Кузнецов Э.В.</i> ЛАБОРАТОРИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН В МАТЛАВ SIMULINK ДЛЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА»	519
<i>Латицкий К.М., Латицкая И.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ КОМПЬЮТЕРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ.....	523
<i>Липай Б.Р., Бериллов А.В., Грузков Д.С., Станкевич И.В.</i> СОЗДАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ ПРАКТИКУМОВ УДАЛЁННОГО ДОСТУПА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	525
<i>Лисицын Д.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В МНОГОДВИГАТЕЛЬНОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ МЕХАНИЗМА ПОДЪЁМА ЭКСКАВАТОРА ЭКГ-8И МЕТОДОМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	529

<i>Мурзакаев П.В., Кукин Е.А., Годжелло А.Г.</i> ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА АВТОМАТНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЯХ	533
<i>Паршина Г.И., Жумагулова Д.К., Чен Д.А., Сафронова А.Н., Гайнутдинов Р.М.</i> РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»	537
<i>Попов А.А., Бакланова Н.Б.</i> ТРЕНАЖЁРЫ ДЛЯ ЗАДАЧ ЛИНЕЙНОЙ АЛГЕБРЫ.....	539
<i>Ревинская О.Г., Кравченко Н.С.</i> НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО ФИЗИКЕ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ	543
<i>Шведов Г.В., Василенко Е.С.</i> ВИРТУАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ НА ШИНАХ 10 КВ ПОНИЖАЮЩИХ ПОДСТАНЦИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ НАПРЯЖЕНИЕМ 110—220 КВ» ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ».....	547
<i>Шевчук В.П., Анкарян А.Г.</i> СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ	551
<i>Шмелёв В.Е.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТА МАТЛАВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ (ТЕОРИЯ ЦЕПЕЙ)	555
<i>Шпаков А.С.</i> РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО ДИСКРЕТНОЙ МАТЕМАТИКЕ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ГРАФОВ.....	560
<i>Щетинин Д.Ю.</i> СПОСОБ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЦЕЛЕПОДОБНОГО ОБЪЕКТА В КАДРЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ	562
Секция 4. ДИСТАНЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ	
<i>Афанасьев А.Н., Куклев В.А., Егорова Т.М., Воеводин Е.Ю., Бочков С.И.</i> РАСШИРЕНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ СДО MOODLE: ПОИСКИ И РЕШЕНИЯ	567
<i>Бадамишина Э.Б., Бамбуркина И.А., Лапицкий К.М.</i> РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ КОНСУЛЬТАЦИЙ ПО ФИЗИКЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ СДО «ПРОМЕТЕЙ»	572
<i>Бирюкова О.В., Корецкая И.В.</i> ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНСТРУКТОРА ТЕСТОВ В СИСТЕМАХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ	574
<i>Богатенков С.А., Костерин В.В.</i> ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ДНЕВНИКОВ	578
<i>Гусаров А.В., Енгальчев И.Р., Лукманов В.С., Парфенов Е.В.</i> РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ	582
<i>Жохова М.П.</i> ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ» ПО ПРОГРАММАМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ.....	586
<i>Конев К.А.</i> ФОРМИРОВАНИЕ КВАЛИМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ	588
<i>Краюшкин В.В., Краюшкин К.В.</i> ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРЕЗЕНТАЦИЙ ЛЕКЦИЙ НА СЕРВЕРЕ	592

<i>Кувалдин А.Б., Федин М.А.</i> ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ МАГИСТЕРСКИХ ДИССЕРТАЦИЙ.....	594
<i>Маслов С.И., Тихонов А.И.</i> МАССОВЫЕ И ЧАСТНЫЕ ОНЛАЙН-КУРСЫ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ	598
<i>Можсей Н.П.</i> О ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ МЕТОДАМ ОПТИМИЗАЦИИ	602
<i>Очков В.Ф., Соколов А.В., Чудов В.Л.</i> ШКОЛЬНЫЕ И ВУЗОВСКИЕ ЗАНЯТИЯ ПО ИНФОРМАТИКЕ И ФОРУМ PTC COMMUNITY/MATHCAD	604
<i>Petrova I.V.</i> TEACHING ENGLISH TO RESEARCH STUDENTS USING ICT	608
<i>Подкопаева И.А.</i> О ДИСТАНЦИОННОМ ПРЕПОДАВАНИИ КУЛЬТУРОЛОГИИ В НИУ «МЭИ»	611
<i>Путилов В.Я., Путилова И.В., Маликова Е.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЦЕНТРЕ ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ «ЭКОЛОГИЯ ЭНЕРГЕТИКИ» МЭИ	613
<i>Ржеуцкая С.Ю., Басалаева Ю.С.</i> ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДЛЯ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ	617
<i>Рожина Е.Н.</i> МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ СБОРА ИНФОРМАЦИИ ОБ ОБУЧАЕМОМ В АДАПТИВНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЕ.....	621
<i>Савицкая Т.В.</i> ОБ ОПЫТЕ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ДИСТАНЦИОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ В НАУЧНОЙ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ»	623
<i>Савицкая Т.В., Глуханова А.А., Егоров А.Ф.</i> СОЗДАНИЕ БАНКА ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ В СРЕДЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ MOODLE ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ ПО НАДЁЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	627
<i>Трофимов А.В.</i> ТЕХНОЛОГИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСТАНЦИОННОГО КУРСА «АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ»	631
<i>Федорович С.Д., Щербаков П.П., Щербаков С.П., Лукашевский М.В.</i> РАЗВИТИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА «МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА»	635
<i>Хруслов Л.Л., Шишов В.А., Ростовиков М.В., Киреев С.И.</i> НЕПРЕРЫВНЫЙ ИНТЕРНЕТ-КОНТРОЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОТ УМНОЙ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ РТП-34 НИУ «МЭИ».....	639
Секция 5. ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ	
<i>Агамиров Л.В., Милюков И.А., Соколов В.П.</i> РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ	645
<i>Антонов А.А., Купчинов А.Д., Монаков Ю.В., Окнин Е.П.</i> ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ СРЕДСТВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ	647
<i>Богомолова Е.П., Ратникова Т.А.</i> ГОТОВНОСТЬ ПЕРВОКУРСНИКОВ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЭЛЕКТРОННЫХ РЕСУРСОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ МАТЕМАТИКИ.....	651
<i>Винников А.М., Фролов А.Б.</i> ДИСТАНЦИОННЫЙ ЭОР ПО СОВРЕМЕННОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ АЛГЕБРЕ И ЕЁ ПРИЛОЖЕНИЯМ.....	655

<i>Дудолин А.А., Макаревич Е.В., Олейникова Е.Н.</i> ВНЕДРЕНИЕ 3D-РЕШЕНИЙ И ТРЕНАЖЁРНОЙ ПОДГОТОВКИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС ..	659
<i>Ермишина Н.Д.</i> ИНФОРМАТИЗАЦИЯ И ГУМАНИТАРИЗАЦИЯ КАК СОСТАВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СОВРЕМЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ.....	664
<i>Жапарова Б.К.</i> РАЗРАБОТКА МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ	666
<i>Игнатова И.Г., Соколова Н.Ю.</i> ЭЛЕКТРОННЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ РЕСУРС «ОСНОВЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ НА C++».....	669
<i>Кирсанов М.Н.</i> МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ НА ОСНОВЕ ГЕНЕРАТОРА ЗАДАЧ И СЕРВИСА YOUTUBE	673
<i>Кленина Л.И., Павлова Е.А.</i> ИЗ ОПЫТА СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА «МАТЕМАТИКА»	675
<i>Кленина Л.И., Павлова Е.А.</i> НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ К СОЗДАНИЮ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПО МАТЕМАТИКЕ	677
<i>Краюшкин В.В., Краюшкин К.В.</i> ЭЛЕКТРОННЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ РЕСУРС «ВЕБ-ТЕХНОЛОГИИ».....	679
<i>Матухин П.Г., Грачева О.А., Эльсгольц С.Л., Певницкая Е.В.</i> ТАБЛИЧНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОНТЕНТА КАК ОСНОВА VУOD КОМПЛЕКСА ПОДДЕРЖКИ И КОНТРОЛЯ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ ФИЗИКЕ И РУССКОМУ ЯЗЫКУ ФИЗИКИ НА БАЗЕ ОБЛАЧНОГО РЕСУРСА MS ONEDRIVE.....	681
<i>Тихомирова В.Д.</i> ОСНОВЫ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫМИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СТАНДАРТИЗАЦИИ МЕТАДААННЫХ.....	685
<i>Тихонов А.И.</i> ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИМ РАСЧЁТАМ НА PYTHON	687
Авторский указатель	693