



МАТЕРИАЛЫ

V Международной
научно-практической конференции

ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

14 - 17 апреля 2020 года

Москва

Москва

Национальный исследовательский университет «МЭИ»

2020

УДК 338.126

ББК 74.584

И 74

И 74 **Инфорино-2020** Материалы V Международной научно-практической конференции «Информатизация инженерного образования» (14-17 октября 2020 г., Москва)
– М.: Издательство МЭИ, 2020. – 148 с: ил.

ISBN 978-5-7046-2320-5

Представленные в сборнике материалов конференции доклады отражают основные проблемы, тенденции развития, а также результаты информатизации инженерного образования на современном этапе по основным востребованным направлениям: индустрия 4.0, кибербезопасность и инженерное образование; информационное и программное обеспечение инженерного образования; ит в инженерных расчётах и проектировании объектов промышленности и энергетики; ит в учебных, исследовательских и испытательных лабораториях; дистанционные технологии и электронные образовательные ресурсы в инженерном образовании; компьютерная графика и 3d-моделирование в инженерном образовании.

Доклады участников конференции публикуются в авторской редакции.

Научное издание

МАТЕРИАЛЫ
V МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ»
ИНФОРИНО-2020

14 - 17 апреля 2020 года
Москва

Редактор





ISBN 978-5-7046-2320-5

© «Национальный
Исследовательский Университет
«МЭИ», 2020



Организаторы

**МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ»
ИНФОРИНО-2020**

-  **Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**
-  **Министерство энергетики Российской Федерации**
-  **Национальный исследовательский университет «МЭИ»**
-  **Национальный фонд подготовки кадров**



Уважаемые коллеги!

В пятый раз на базе Национального исследовательского университета «МЭИ» проводится Международная научно-практическая конференция «Информатизация инженерного образования» (Инфорино-2020). Всё увеличивающееся количество заявок – более 300, как из России, так и из-за рубежа – показывает растущий интерес к данной тематике.

В условиях четвёртой промышленной революции, технологии которой опираются, прежде всего, на глобальную цифровизацию, вопросы информатизации образования, особенно технического, становятся всё более актуальными.

Высокий уровень конференции подтверждён её включением в список конференций IEEE, доклады, подготовленные и представленные на конференции на английском языке, будут размещены в электронной библиотеке IEEE Xplore и проиндексированы в базах Web of Science и Scopus.

Конференция ИНФОРИНО-2020 проходит в знаменательный год, на который пришлось сразу несколько юбилейных дат.

Это 90-летие Московского энергетического института — замечательный повод уверенно планировать совместные проекты в области образования и науки с нашими российскими и зарубежными партнерами, опираясь на фундаментальный базис и традиции научной школы МЭИ.

В 2020 году информационно-вычислительный центр (ИВЦ) НИУ «МЭИ» отмечает 60-летие со дня основания, 25 лет со дня создания информационно-вычислительной сети вуза и 65 лет с момента появления в МЭИ первой вычислительной машины.

2020 — это также год 100-летия плана ГОЭЛРО, ключевого документа, определившего направление развития национальной экономики и отечественной энергетики. Устойчивое развитие энергетики, ее цифровизация требуют наличия компетентных кадров, подготовка которых – основная задача НИУ «МЭИ».

И, конечно, 2020 год — это год 75-летия Великой победы, события, важность которого не только для нашей страны, но и для всего мира невозможно переоценить.

С пожеланием успехов участникам конференции,

Ректор НИУ «МЭИ» Н.Д.Рогалев



Программный комитет

**МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ»
ИНФОРИНО-2018**

Председатель

РОГАЛЕВ Николай Дмитриевич, НИУ «МЭИ»

Члены программного комитета

Аржанова Ирина Вадимовна, Национальный фонд подготовки кадров

Гампе Уве, Технический университет Дрездена, Германия

Герк Саша, Elsevier, Knovel, США

Гитзельс Мартин, Сименс, Россия/Германия

Граут Вик, Университет Глиндур, Великобритания

Жураковский Василий Максимилианович, Российская академия образования

Замолодчиков Владимир Николаевич, НИУ «МЭИ»

Кретчмар Ханс-Йоахим, Университет Циттау-Гёрлитц, Германия

Овчарова Живка, Технологический университет Карлсруэ, Германия

Розанов Юрий Константинович, Российская секция IEEE, НИУ «МЭИ»

Смирнов Владимир Витальевич, Министерство энергетики РФ

Тарасов Александр Евгеньевич, НИУ «МЭИ»

Тепфер Ханнес, Технический университет Ильменау, Германия



Организационный комитет
МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ»
ИНФОРИНО-2018

Председатель Рогалев Н.Д.

Зам. председателя Белоусов С.В., Орлов К.А.

Ученый секретарь Прудникова Ю.И.

Члены оргкомитета

Анучин А.С.	Тарасова Т.П.
Крепков И.М.	Еремеев А.А.
Бобряков А.В.	Тихонов А.И.
Курочкин Д.С.	Еремеев А.П.
Бурмистрова О.А.	Топорков В.В.
Липай Б.Р.	Желбаков И.Н.
Варшавский П.Р.	Трофимов А.В.
Невский А.Ю.	Касаткина Е.П.
Васильева Н.С.	Чернецов А.М.
Очков В.Ф.	Ковалев Д.И.
Голубев Д.В.	Шиндина Т.А.
Смыслина А.И.	Комарова В. Ю.
Горбунова А.О.	Ширинский С.В.



Секции

**МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ»
ИНФОРИНО-2020**

Секция 1.

ИНДУСТРИЯ 4.0, КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ И ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ
Сопредседатели: Белоусов С.В., Орлов К.А.

Секция 2.

**ИНФОРМАЦИОННОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**
Сопредседатели: Еремеев А.П., Крепков И.М.

Секция 3.

**ИТ В ИНЖЕНЕРНЫХ РАСЧЁТАХ И ПРОЕКТИРОВАНИИ
ОБЪЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ЭНЕРГЕТИКИ**
Сопредседатели: Вишняков С.В., Очков В.Ф.

Секция 4.

**ИТ В УЧЕБНЫХ, ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ
ЛАБОРАТОРИЯХ**
Председатель: Липай Б.Р.

Секция 5.

**ДИСТАНЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЭЛЕКТРОННЫЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ**
Сопредседатели: Тихонов А.И., Трофимов А.В.

Секция 6.

**КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА И 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ
В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ**
Председатель: Касаткина Е.П.



Секция 1

**ИНДУСТРИЯ 4.0,
КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ
И ИНЖЕНЕРНОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ**

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРЕПОДАВАНИИ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

АННОТАЦИЯ

Рассматривается опыт использования цифровых технологий в преподавании начертательной геометрии. Раскрывается содержание модулей цифровой образовательной среды. Анализируются результаты и намечаются планы использования компьютерных технологий в учебном процессе. Приводятся примеры применения компьютерных технологий в научно-исследовательской работе студентов по моделированию сложных геометрических форм.

Ключевые слова - начертательная геометрия, модули, компьютерные технологии, электронное учебное пособие, научная работа студентов, олимпиады

1. ВВЕДЕНИЕ

Начертательная геометрия, способствуя развитию пространственного представления, помогает студентам научиться ориентироваться в современном мире, наполненном неисчислимым количеством сложных геометрических форм и их многомерных взаимосвязей. Кроме того, она является теоретической основой конструкторской, технологической и изобретательской деятельности [1]. На современном этапе развития общества появилась необходимость использовать в учебном процессе компьютерные технологии [2, 3], которые:

- повышают эффективность передачи студентам информации;
- обеспечивают новые подходы и высокий уровень создаваемых материалов;
- являются основой разработки эффективных способов преподавания;
- служат средством создания новой образовательной среды;
- способствуют повышению у студентов интереса к получению знаний, мотивации обучения, формированию необходимых профессиональных компетенций.

Пренебречь использованием компьютерных технологий – это верный путь сделать выпускника университета невостребованным на рынке труда.

Цифровая образовательная среда преподавания начертательной геометрии на кафедре инженерной графики МГТУ им. Н.Э.Баумана включает в себя модули:

- учебных пособий, методических указаний;
- материалов лекционных и практических занятий;
- материалов для контроля и самоконтроля знаний студентов;

- индивидуальных графических заданий;
- подготовки к олимпиадам;
- научно-исследовательской работы студентов (НИРС).

2. КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРЕПОДАВАНИИ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

На кафедре разработаны электронный учебник, презентации практических занятий и лекций по всем темам курса. Материалы выложены на платформе «Открытый МГТУ». Студенты, имея к ним доступ, могут самостоятельно осваивать учебную дисциплину и выбирать траекторию изучения. Предполагается обязательные разделы дополнить разделами по выбору. В электронном учебнике используется пошаговая схема подачи материала на основе анимаций, что делает его доступным пониманию студентами. Кроме того, отпадает необходимость в обеспечении студентов учебниками и пособиями в бумажном исполнении и в их тиражировании. Мультимедийные технологии позволяют ярко и наглядно представлять информацию без применения устаревших плакатов, диафильмов, слайдов.

Эффективный контроль работы студентов со стороны преподавателя, с одной стороны, и самоконтроль студентов, с другой стороны, являются важнейшими условиями успешного формирования знаний, умений и компетенций обучающихся. Представленные на платформе «Открытый МГТУ» компьютерные тесты, сгруппированные в три группы, охватывают все темы курса. Фрагмент теста приведен на рис.1. На кафедре ведется работа по использованию тестов более высокого уровня сложности. Однако, на наш взгляд, полная компьютеризация этого процесса будет являться ошибкой. Студентов при оценке знаний нельзя лишать общения с преподавателем. Цифровизация не должна исключать «ручные» варианты контроля. Поэтому на экзамене студенты выполняют графическую работу.

1. На каком чертеже изображена точная развертка

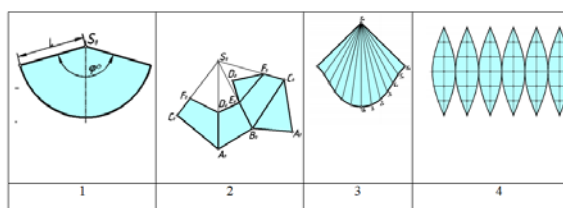


Рис.1. Фрагмент теста по теме «Развертки»

Модуль индивидуальных домашних заданий, эффективность которого подтверждена многолетней практикой, в условиях применения цифровых технологий нуждается в пересмотре. Кроме замены выполнения чертежей вручную на компьютерные способы необходимо пересмотреть содержание заданий, создать эталоны для проверки правильности их выполнения студентами и дистанционного контроля преподавателем. При этом обязательным условием, по нашему мнению, является обеспечение междисциплинарных связей с высшей математикой, информатикой, со специальными дисциплинами и т.д. [4].

Студенческие олимпиады по компьютерному моделированию сложных геометрических форм являются важной составляющей учебного процесса. В университетских олимпиадах могут принять участие практически все желающие студенты. Наиболее подготовленные из них представляют университет на Московских и Всероссийских олимпиадах. Высокие результаты в личных и командных зачетах свидетельствуют о правильно выбранной методике коллектива кафедры в этом направлении.

3. ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В НАУЧНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

Важной формой организации самостоятельной работы является научно-исследовательская работа студентов (НИРС). Такая работа эффективна при условии использования компьютерных технологий. В последние годы на кафедре студенческие научные исследования проводятся по следующим направлениям:

- моделирование сложных технических форм;
- моделирование фрактальных структур;
- твердотельное моделирование технических объектов.

Использование компьютерных технологий позволяет привлекать к НИРС большее количество студентов и ускорять получение результатов. Исследования при этом становятся более интересными и достоверными. Для подтверждения этого подробно остановимся на научной разработке, выполненной студентами под руководством преподавателей кафедры [5, 6].

Геометрическое моделирование поверхностей является задачей, с которой наиболее часто приходится сталкиваться при конструировании технических изделий. В связи с тем, что поверхность представляет собой совокупность кривых, ее моделирование сводится к моделированию кривых, принадлежащих поверхности. Для конструирования кривых необходим базовый способ. Наиболее приемлемыми являются нелинейные (бирациональные) преобразования плоскости [7–9], в частности, расслаемые преобразования. Для их получения плоскость заполняется прямыми, и на каждой

прямой задается свое преобразование, например, преобразование движения. В итоге получается нелинейное преобразование плоскости.

Для разработки способа моделирования технических кривых были выбраны нелинейные инволюции с пучками самосоответственных окружностей [10]. При этом возможны три случая пучков:

-эллиптический, когда радикальная ось пересекает окружности пучка в двух действительных точках (рис.2);

-параболический, радикальная ось касается всех окружностей (рис.3);

-гиперболический, радикальная ось пересекает окружности в двух мнимых точках (рис.4).

Произвольной точке A' в пучке соответствует единственная окружность l_i . Примем точку A , симметричную A' относительно центра окружности S_i , за образ точки A' в нелинейном преобразовании.

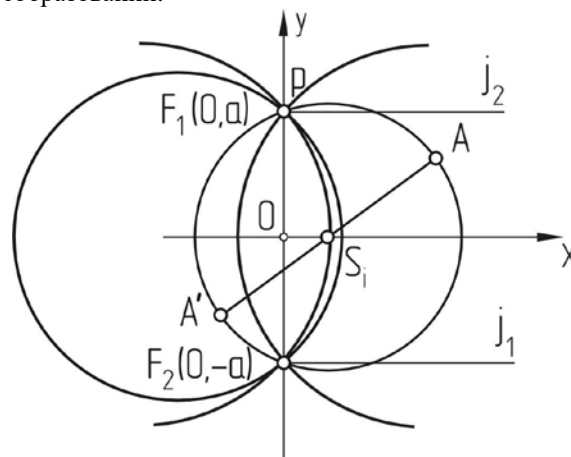


Рис.2. Задание квадратичной инволюции с эллиптическим пучком самосоответственных окружностей

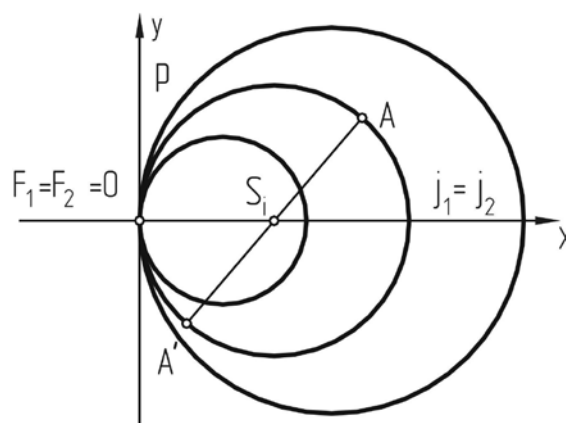


Рис.3. Квадратичные инволюции с параболическим пучком слабоинвариантных окружностей

Формулами преобразования (операторами) являются аналитические зависимости, связывающие координаты образа и прообраза:

$$x' = \frac{y^2 - a^2}{x}, \quad y' = -y.$$

Значение a зависит от вида пучка (для параболического пучка $a=0$, гиперболического - $a=mi$, где m - абсцисса нулевой окружности, $i=\sqrt{-1}$).

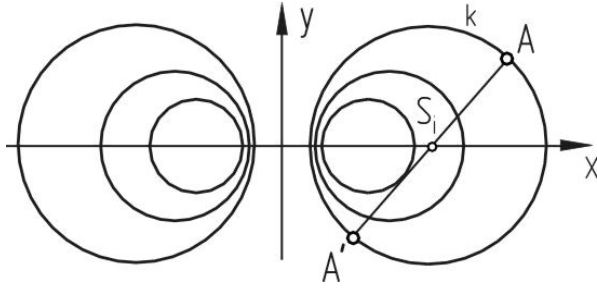


Рис.4. Квадратичные инволюции с гиперболическим пучком слабоинвариантных окружностей

Порядок получаемого на плоскости преобразования равен порядку кривой a , которая является образом прямой a' , пробегаемой точкой A' .

В нашем случае этот порядок будет равен двум, то есть преобразование является квадратичной инволюцией, так как прямой a' , описываемой уравнением:

$$Ax' + By' + 1 = 0,$$

будет соответствовать коника, имеющая уравнение:

$$Ay^2 - Bxy + x - Aa = 0.$$

Образом кривой порядка k в нелинейной инволюции будет кривая порядка $2k$. Следует учесть, что чем выше порядок кривой, тем больше будет у нее особых точек (точек перегиба, кратных точек и т.д.). Это накладывает некоторые ограничения на выбор аппарата преобразования и кривой-прообраза, так как конструируемая кривая не всегда может иметь такие особенности.

В «ручном» режиме построить кривую a , которая является образом a' , достаточно трудно. Если учесть необходимость рассмотрения вариантов с различными аппаратами преобразований, прообразами и их положением, то трудоемкость решения задачи значительно увеличивается. Это побудило принять решение о разработке компьютерной программы для конструирования технических кривых.

Алгоритм, положенный в основу программы, предполагает в зависимости от выбранных пользователем кривой-прообраза и вида пучка окружностей получать координаты точек кривой-образа. Для вычисления координат используются формулы преобразования. В результате этого генерируется массив точек, которые аппроксимируются линией.

Доступные пользователю прообразы - строфоида, окружность, эллипс, синусоида. Для этих кривых предусмотрено изменение их параметров, например, полуосей эллипса. Пользователь может:

-выбрать вид пучка окружностей;

-изменять масштаб;

-перемещать прообраз на плоскости;

-получать уравнение конструируемой кривой.

При создании программы разработчики предусмотрели использование нескольких видов кривых-прообразов. Однако, пользователю рекомендуется предпочтение отдать окружности. Во-первых, это самая простая кривая, во-вторых, ее образами в нелинейных инволюциях являются рациональные циркулярные кривые. В работе [7] показано, что такие кривые, являясь рациональными циркулярными кривыми, наиболее полно отвечают требованиям аэро-гидродинамики. На рис.4-7 представлены примеры конструируемых кривых, которые являются образами окружностей в нелинейных инволюциях с пучками слабоинвариантных окружностей. На рис.8 показано использование эллипса в качестве прообраза моделируемой кривой.

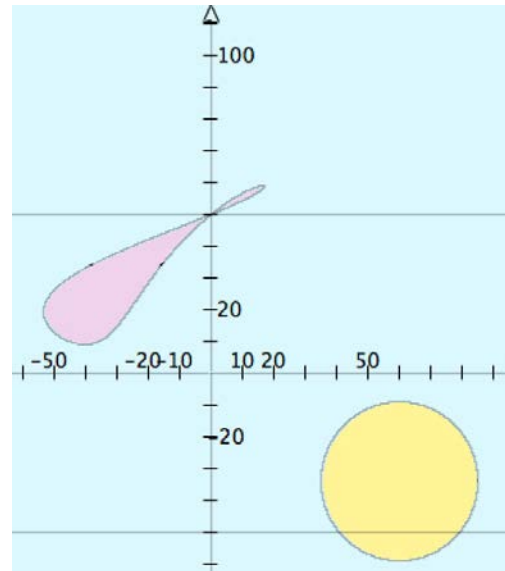


Рис. 4. Кривая как образ окружности в нелинейной инволюции с эллиптическим пучком слабоинвариантных окружностей

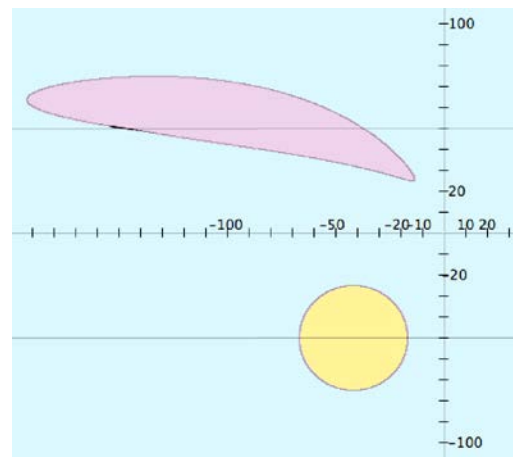


Рис. 5. Использование гиперболического пучка окружностей

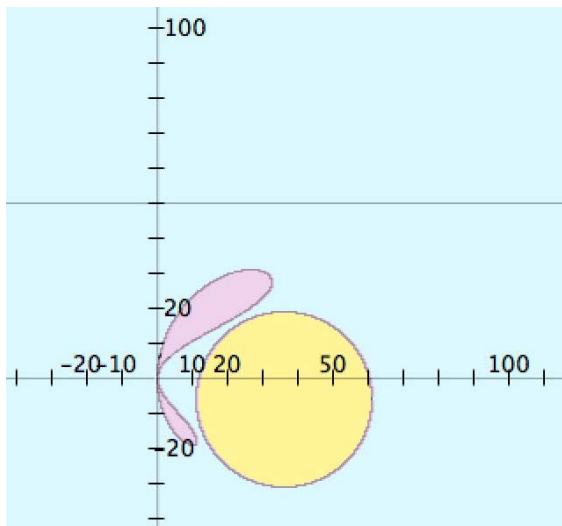


Рис. 6. Образ окружности в нелинейном преобразовании с гиперболическим пучком самосоответственных окружностей

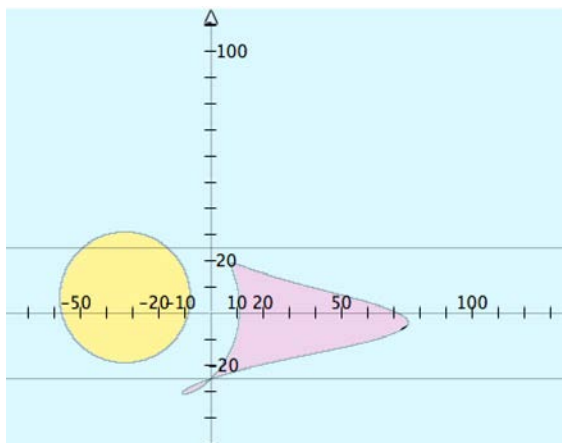


Рис. 7. Образ окружности в инволюции с эллиптическим пучком слабоинвариантных окружностей

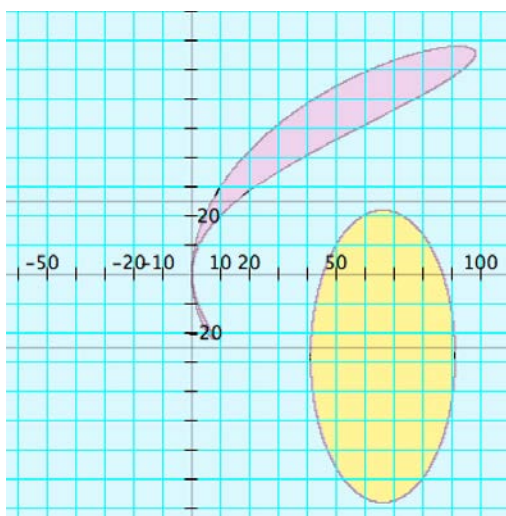


Рис. 8. Кривая как образ эллипса в квадратичной инволюции с гиперболическим пучком самосоответственных окружностей

Предлагаемая программа достаточно проста в применении. Конструктору не нужно обладать

специальными навыками работы с компьютерной техникой и знаниями теории геометрических преобразований. Возможность просмотра результатов на экране монитора позволяет выбирать оптимальный аппарат преобразования и получать нужные кривые. Программа может быть использована в практике конструирования сложных технических форм и при моделировании зависимостей многофакторных процессов. В настоящее время она используется в учебном процессе по начертательной геометрии при изучении тем «Кривые», «Поверхности».

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опасения по поводу того, что компьютерные технологии приведут к вытеснению преподавателей из учебного процесса, на наш взгляд не обоснованы. Никакая технология не может заменить живого преподавателя. Умелое применение цифровых технологий позволит изменить формы учебного процесса, сделать его более доступным и эффективным, что в совокупности с накопленным опытом существенно улучшит качество подготовки специалистов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Боровиков И.Ф., Потапова Л.А.** Начертательная геометрия и инженерное образование // Машиностроение и инженерное образование. 2009. № 1. С. 62-67.
2. **Кузьминов Я.И.** Главный тренд российского образования – цифровизация. URL: www.ug.ru (дата обращения: 12.05.2019).
3. **Гузнецков В.Н.** Информационные технологии в графических дисциплинах технического университета // Геометрия и графика. 2013. Том 1. Вып. 3-4. С. 26 – 28.
4. **Серегин В.И., Иванов Г.С., Дмитриева И.М., Муравьев К.А.** Междисциплинарные связи начертательной геометрии и смежных разделов высшей математики // Геометрия и графика. 2014. Т. 2. № 3-4. С. 8-12.
5. **Пятанин П.С., Владимирова В.В.** Нелинейные инволюции как базовый способ геометрического моделирования сложных технических форм // Молодежный научно-технический вестник. 2014. №11. С.65.
6. **Гизатуллин А.Р., Гизатуллин А.Р.** Компьютерное моделирование технических кривых // Молодежный научно-технический вестник. 2015. №10. С.18.
7. **Иванов Г.С.** Конструирование технических поверхностей (математическое моделирование на основе нелинейных преобразований). М.: Машиностроение, 1987. 192 с.
8. **Иванов Г.С.** Начертательная геометрия. М.: Изд-во МГУЛ, 2012. 340 с.
9. **Иванов Г.С.** Теоретические основы начертательной геометрии. М.: Машиностроение, 1998. 158 с.
10. **Боровиков И.Ф., Фисоченко Е.Г.** Квадратичные инволюции плоскости как базовый метод получения кривых в системах автоматизированного конструирования // Известия Томского политехнического университета. 2007. Том 310, №1. С.48-51.

О НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМАХ ПРИ ОЦЕНКЕ ЗАЩИЩЕННОСТИ ИНФОРМАЦИИ ОТ УТЕЧКИ ПО КАНАЛУ ПЭМИ

АННОТАЦИЯ

В процессе проведения специальных исследований по оценке уровня побочных электромагнитных излучений (ПЭМИ) от средств вычислительной техники (СВТ) приходится сталкиваться с определенными проблемами, которые не находят должного уровня в нормативно-методических документах Федеральной службы по техническому и экспертному контролю (ФСТЭК) России. В данной статье предпринята попытка рассмотреть некоторые из них.

Ключевые слова – ПЭМИ, ФСТЭК России, зона R2, специальные исследования

1. ВВЕДЕНИЕ

Современная техника обработки информации характеризуется низким уровнем сигналов побочных электромагнитных излучений, что является следствием ужесточения санитарных норм и требований по электромагнитной совместимости. В свою очередь низкий уровень ПЭМИ современных СВТ предъявляет повышенные требования к точности проводимых измерений в процессе специальных исследований с целью получения максимально корректных результатов.

В общем случае при специальных исследованиях и контроле защищенности конфиденциальной информации, обрабатываемой на ПЭВМ, по каналу ПЭМИ следует последовательно осуществить ряд операций:

- выполнить обнаружение сигналов ПЭМИ;
- произвести измерение пикового значения амплитуды сигнала ПЭМИ и среднеквадратического значения уровня шума;
- провести расчет требуемых показателей защищенности.

При этом рекомендуемая ФСТЭК России методика выполнения измерений уровня ПЭМИ ориентирована на достаточно узкополосные сигналы и не всегда учитывает их особенности.

2. ОБЩИЙ ПОДХОД К ВЫПОЛНЕНИЮ ИЗМЕРЕНИЙ

Организационные мероприятия в процессе проведения лабораторных (стендовых) специальных исследований заключаются в создании наилучших условий для излучения, распространения и приема сигналов ПЭМИ.

С этой целью:

- на измерительном столе размещается весь проверяемый комплект СВТ;
- приемная антенна располагается в непосред-

ственной близости (без касания) от излучающих узлов и блоков исследуемой техники;

- производится распрямление кабелей, по которым передается информация для придания им лучших антенных свойств;

- обеспечение персоналом корректности действий при проведении измерений.

Для исключения дополнительных возмущения электромагнитного поля в процессе проведения специальных исследований необходимо:

- тестируемую и тестирующую аппаратуру располагать друг от друга на максимально возможном удалении;

- не допускать передвижения людей и предметов в помещении, где проводятся измерения, во время проведения исследований;

- оператор должен находиться всегда в одном и том же месте (после проведения ручных операций он должен возвращаться на свое место);

- на время исследований не допускать включения в помещении, где проводятся исследования, никаких устройств, создающих дополнительные помехи.

Для поиска ПЭМИ от современных средств вычислительной техники используются специальные алгоритмические, методические и организационные подходы [1].

В процессе проведения лабораторных (стендовых) специальных исследований после обнаружения информативных ПЭМИ от исследуемого устройства, уточнения номиналов частот основного излучения и его гармоник, необходимо корректно измерить их уровень, т.е. пиковые значения амплитуд излучений при включенном тестовом сигнале и уровень промышленного шума при выключенном тесте.

Для этого необходимо соблюсти ряд условий:

- настроиться на максимальный лепесток диаграммы направленности ПЭМИ за счет вращения измерительного стола с исследуемым комплектом СВТ;

- выбрать правильный вектор поляризации антенны;

- разместить антенну на расстоянии 1 метр от исследуемого устройства;

- использовать рекомендуемую методикой измерения полосу пропускания, соответствующую занимаемой полосе частот ПЭМИ.

Сканирование частотного диапазона до 30 МГц на предмет поиска ПЭМИ от СВТ предписывается проводить в соответствии с требованиями методики ФСТЭК России с полосой пропускания 9 (10) кГц; в пределах 30 – 100 МГц – с полосой 30 кГц, а свыше

100 МГц – с полосой 100 (120) кГц.

Пиковые значения сигналов произвольной формы измеряются пиковым детектором, так как он обладает малым временем заряда и большим временем разряда. Это позволяет фиксировать максимальные всплески сигнала за время измерения, которое следует устанавливать не менее 1/10 используемой полосы пропускания. Результат измерения данным детектором отвечает смыслу термина «амплитуда сигнала».

Для измерения промышленного шума (спектральной плотности мощности шума) следует применять детектор среднеквадратических значений. Результат измерений данным детектором имеет смысл среднеквадратичной мощности шума.

Несоблюдение этих условий значительно исказит (как правило, в сторону уменьшения) пиковые значения амплитуд побочных излучений, что скажется на точности вычислений величины зоны R2 - пространства вокруг ОТСС, в пределах которого напряженность электромагнитного поля превышает допустимое (нормированное) значение.

3. ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ

Данные рекомендации хорошо работают при выполнении измерений достаточно узких ПЭМИ, образуемых, например, интерфейсом VGA, который несмотря на широкое развитие современных цифровых интерфейсов, имеет широкое распространение и еще долгое время будет эксплуатироваться.

Сложнее дело обстоит с цифровыми видео интерфейсами, например, DVI, в основе которого лежит технология TMDS.

Данный интерфейс является синхронным, т.е. передача данных осуществляется строго по тактам, в соответствии с тактовыми сигналами, формируемыми на отдельной линии. Передача данных осуществляется по дифференциальным парам, что обеспечивает высокую помехозащищенность интерфейса, позволяя добиться высокой пропускной способности. При этом ПЭМИ наблюдаются на более высоких частотах по сравнению с VGA.

Тактовая частота первой гармоники DVI интерфейса при стандартных разрешениях не выше $1600 \times 1280 \times 60$ Гц лежит в пределах 130...170 МГц. В этом случае полосы пропускания 100 (120) кГц оказывается недостаточно для сбора всей энергии ПЭМИ.

В настоящее время в устройствах отображения СВТ широко применяются жидкокристаллические дисплеи с активной матрицей (TFT LCD) — разновидность жидкокристаллического дисплея, в котором используется активная матрица, управляемая тонкопленочными транзисторами.

Необходимость соблюдения жестких международных норм по уровню ПЭМИ с точки зрения электромагнитной совместимости определяет применение производителями TFT матриц как методов передачи цифровых данных дифференциальными сигналами с малыми перепадами уровня напряже-

ния (200-400 мВ) – интерфейсы RSDS (Reduced Swing Differential Signaling) и LVDS (Low Voltage Differential Signaling), так и угловой модуляции тактовой частоты в этих интерфейсах.

Спектр электромагнитного излучения матрицы монитора вместо острых пиков становится размытым, приобретая форму, представленную на спектрограмме (рис. 1,2).

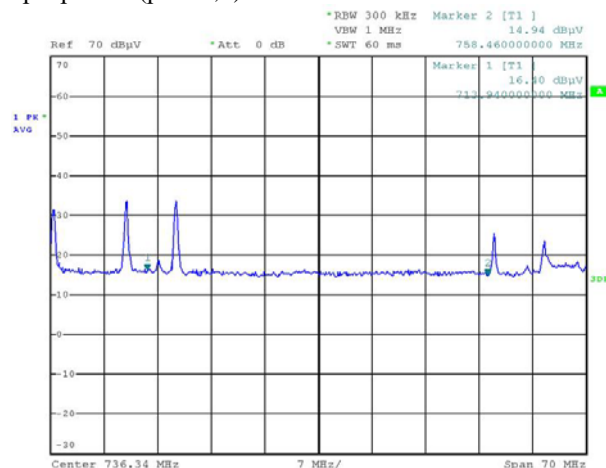


Рис. 1. Излучение TFT матрицы монитора (тест выкл.)

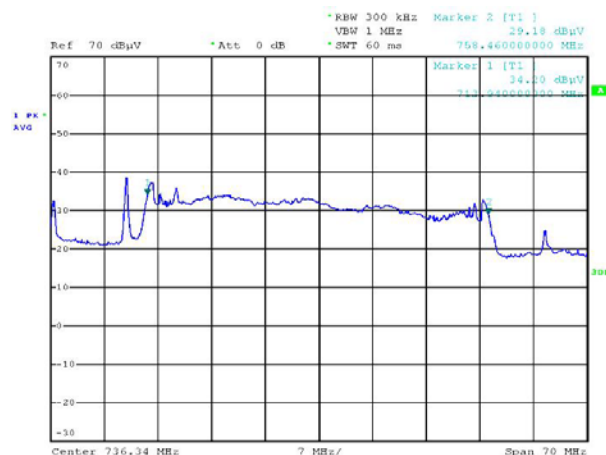


Рис. 2. Излучение TFT матрицы монитора (тест вкл.)

TFT матрица является далеко не единственным источником широкополосных сигналов, которые проявляются в ходе проведения специальных лабораторных исследований. Аналогичные побочные излучения с расширенным спектром можно наблюдать и от картридера SD – карт, присутствующего во многих моделях ноутбуков.

На рис. 3 и 4 соответственно представлены ПЭМИ картридера на основной частоте (1-я гармоника) и ПЭМИ, соответствующее 7-й гармонике сигнала. Уровни фоновых излучений при отключенном тестовом сигнале отображены синим цветом, побочные излучения от считывателя SD – карт при включенном тестовом сигнале – желтым.

Подобное размытие спектра излучения значительно затрудняет его обнаружение с рекомендованной методикой ФСТЭК России полосой пропус-

кания приемника 100 кГц-120 кГц. Поэтому поиск подобных ПЭМИ целесообразно проводить при значениях полосы пропускания приемника 300 кГц.

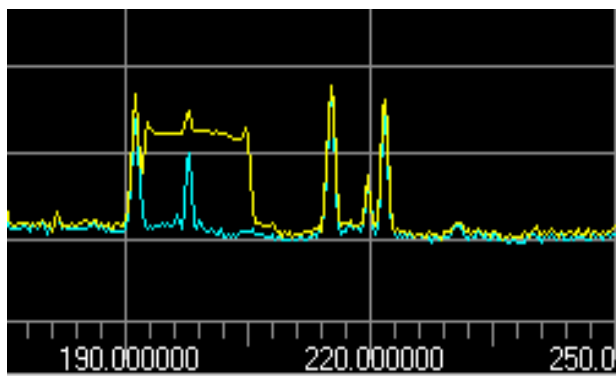


Рис. 3. ПЭМИ основной частоты SDX

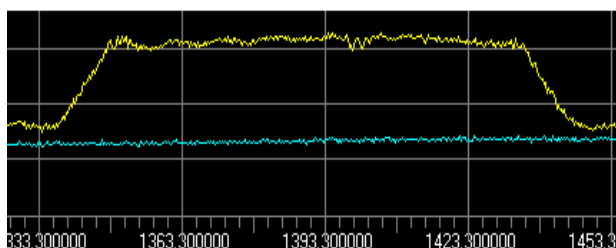


Рис. 4. 7-я гармоника ПЭМИ SDX

После обнаружения всех гармоник побочных излучений и уточнения точных номиналов частот необходимо провести измерение уровней всех ПЭМИ с целью расчета итогового ключевого показателя защищенности информации - зоны R2.

И здесь перед специалистами, который выполняет специальные исследования, возникает дилемма – проводить измерения, установив в анализаторе спектра полосу пропускания равную или несколько больше, чем ширина спектра ПЭМИ, или, в соответствии с нормативными документами, измерять, нарезая спектр побочного излучения на фрагменты по 100 (120) кГц, с последующим их пересчетом для реальной ширины спектра излучения.

При первом подходе измерения более корректны с точки зрения радиотехники, но при этом не позволяют учитывать энергию отдельных более узкополосных помех, которые могут присутствовать в спектре измеряемого ПЭМИ (рис. 3).

Второй подход соответствует требованиям нормативных документов и позволяет исключить энергию помех (при их наличии) из расчета уровня ПЭМИ, но при пересчете фрагментов спектра применительно к реальной полосе частот, занимаемой побочным излучением, легко потерять часть энергии ПЭМИ. Данная потеря неизбежно скажется на точности расчета показателей защищенности.

Рассмотрим также и другие факторы, влияющие в конечном итоге на точность результатов оценки R2.

Погрешности коэффициентов калибровки элек-

трических измерительных антенн и допускаемой погрешности измерений.

Согласно [2] погрешность определения коэффициентов калибровки электрических измерительных антенн в диапазоне частот до 1 ГГц не должна превышать + 2,0 дБ, а в диапазоне частот свыше 1 ГГц не должна превышать + 1,5 дБ.

Пределы допускаемой погрешности измерений напряженности электрического поля составляют + 3,0 дБ [3].

Установка уровня контрастности монитора

В процессе оценки ПЭМИ от матрицы TFT монитора с целью расчета зоны R2 уровень побочного излучения может значительно меняться в зависимости от режима «яркость-контрастность» тестового изображения, выводимого на монитор (рис. 5). При этом в методических документах ФСТЭК России данное явление никак не регламентировано.

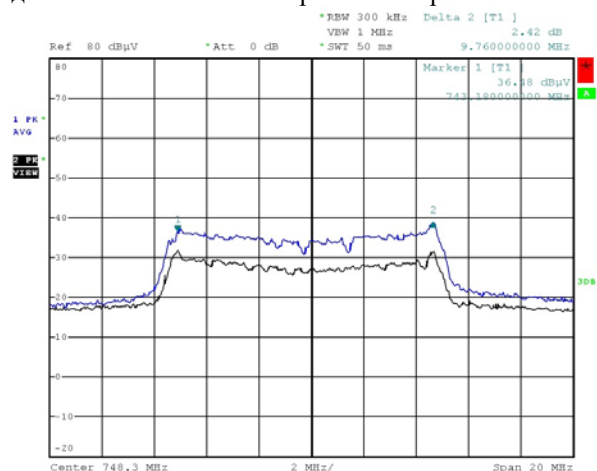


Рис. 5. Изменение уровня ПЭМИ TFT матрицы монитора в зависимости от режима «яркость-контрастность» тестового изображения

Таким образом, получить в процессе измерений ошибку в несколько дБ вполне реально. При этом «недобор» в 3-4 дБ при расчете величины зоны R2, например, для DVI интерфейса и разрешения экрана монитора 1280x1024 пикселей с частотой обновления 60 Гц, может вызвать ошибку в сторону уменьшения в зависимости от частоты ПЭМИ более десятка метров.

Следовательно, расчетная величина зоны R2 получится меньше реальной!

В завершении статьи хотелось бы остановиться на существующих программах для генерации тестовых режимов в исследуемых средствах вычислительной техники и периферийном оборудовании при проведении специальных исследований.

В настоящее время на рынке предлагаются различные наборы тестовых программ для управления работой подсистем ПЭВМ и периферийного оборудования с целью формирования сигналов ПЭМИ заданного вида, например: НАВИГАТОР-ТЕСТ1 (ЗАО НПЦ Фирма «НЕЛК»), СИГУРД-ТЕСТ (Группа компаний МАСКОМ), Сборник тестовых программ для ОС Windows (ООО «Центр безопас-

ности информации»).

При этом тестовая программа задает в исследуемом устройстве некий режим генерации периодических сигналов в электрических цепях, которые в свою очередь вызывают появление информативных побочных излучений в радиоэфире.

Основное требование к тестовой программе – обязательное наличие в тестовом сигнале постоянной комбинации, что определяет неизменные характеристики ПЭМИ по амплитуде и частоте.

Проблема состоит в том, что подобное не всегда возможно как по причине преобразования в процессе передачи самого информационного потока (кодирование, шифрование), так и за счет применения скремблирования с целью рандомизации спектральных компонентов передаваемых модулированных сигналов.

Например, в ЛВС 100Base-T4 – применяется алгоритм кодирования данных 8В/6Т, метод физического кодирования NRZI и аппаратного скремблирования - наложения псевдослучайной последовательности на информационный битовый поток.

В интерфейсе DisplayPort к передаваемым данным применяется 128-битное AES-кодирование [4].

В интерфейсе USB версии 3.0 и выше используется скремблирование путем поразрядного суммирования по mod2 информационной последовательности символов с M-последовательностью, образованной полиномом $X^{16} + X^5 + X^4 + X^3 + 1$ [4]. При этом реальный сигнал в линии приобретает свойства ПСП.

Таким образом, преобразование информационного потока данных и/или его скремблирование не позволяет при существующих подходах и отсутствии соответствующих тестовых программ оценить величину зоны R2.

Подобная ситуация также никак не отражена в нормативно-методических документах ФСТЭК России.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изложенный в статье материал показывает существенное влияние особенностей настройки приемной аппаратуры при анализе широкополосных сигналов, а также условий выполнения их измерения на конечный результат – величину зоны R2.

Учет особенностей ПЭМИ цифровых интерфейсов и детальное понимание процедуры выполнения первичных измерений позволит студентам инженерного профиля получать необходимые компетенции в процессе выполнения лабораторных работ по информационной безопасности и применять их на практике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Программно-аппаратный комплекс** поиска побочных электромагнитных излучений и наводок "Навигатор". Описание применения. ЛИБЮ.424400.012 РЭ
2. **Комплексы программно-аппаратные** поиска и

измерения побочных электромагнитных излучений и наводок «Навигатор-ПхМ». Методика поверки. Утверждена 05.09.2016 ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России.

3. **Описание типа средств** измерений в редакции, утвержденной приказом Росстандарта № 851 от 25.04.2017г. Приложение к свидетельству № 65140 об утверждении типа средств измерений.
4. <http://www.russianelectronics.ru/> Интерфейсы HDMI и DisplayPort: вопросы проектирования тестирования. Журнал «Электронные компоненты» № 9-2009.
5. [https://www.usb3.com/whitepapers/USB%203%2000%20\(11132008\)-final.pdf](https://www.usb3.com/whitepapers/USB%203%2000%20(11132008)-final.pdf). Universal Serial Bus 3.0 Specification - USB3.com

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ДЕЛОВЫХ ИГР ПО ОБУЧЕНИЮ МЕТОДАМ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЕ КАФЕДРЫ БИТ

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются методические и математические вопросы обучения студентов методикам управления системами информационной безопасности на основе моделей рисков в концепции стандартов ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001, 27002 и 27005. Обучение проводится в форме многоэтапной вариативной деловой игры на модели информационной системы и результатах аудита информационной безопасности финансово-кредитного учреждения.

Ключевые слова – информационная безопасность, управление, СМИБ, риски, моделирование

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время информационные технологии приобрели глобальный трансграничный характер и стали неотъемлемой частью всех сфер деятельности личности, общества и государства. Но, при этом, одновременно мы наблюдаем и резкий рост внутренних и внешних угроз, связанных с применением информационных технологий в сферах обороны и безопасности, экономики, науки, образования и стратегической стабильности государства [1]. Это вызывает необходимость совершенствования уровня инженерного образования в сфере защиты информации. Сложность решения этой задачи заключается в том, что сегодня существует две концепции организации защиты информации: *первая* основана на моделях актуальных угроз, по которым определяется класс или уровень защищенности информационной системы (ИС), а *вторая* – основана на оценке рисков информационной безопасности. Последний подход позволяет создавать более гибкие системы защиты информации.

В программы подготовки студентов по направлению «информационная безопасность» входят оба подхода. Опыт показал, что наиболее эффективно обучение технологиям защиты информации проходит на условиях, приближенных к реальным ситуациям. Это возможно выполнить только при использовании деловых игр, построенных на моделях организации (информационной, процессной, организационно-штатной, сетевой, активов, уязвимостей и угроз). Обучение проходит поэтапно и предусматривает знакомство с нормативными документами по созданию системы менеджмента информационной безопасности (СМИБ) и решению вопросов планирования, с учетом варианта задания, условий его выполнения и ограничений. В процессе выполнения этапов деловой игры у обучаемых формируются

практические умения по работе с первичными нормативными документами, оценке рисков и решения всего комплекса задач по обоснованию мероприятий по защите информационных активов организации и разработке планирующих документов. После прохождения всех этапов деловой игры обучаемые защищают свои решения. Все задания имеют различные исходные данные и выполняются в часы самостоятельной работы студента. Защита каждого этапа деловой игры осуществляется в часы практических занятий.

2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ДЕЛОВОЙ ИГРЫ

Алгоритм проведения деловой игры представлен на рис.1.

Этап 1. На этом этапе выбираются цели моделирования рисков и определяются параметра контекста определения рисков: критерии оценки уязвимостей, угроз, активов и метрики рисков [2-4].

Этап 2. Инвентаризация и классификация информационных активов проводится в форме кортежа:

$$\langle A, H, Va, [Ka, D] \rangle \quad (1)$$

где *A* (*active*) – информационный актив организации (наименование или код актива в принятой системе классификации).

H (*holder*) –владелец (владельцы) актива (ответственный за актив, его изменение, обслуживание и контроль).

Va (*value*) – оценка ценности активов в единицах стоимости или в форме значений лингвистической переменной, например «низкая», «средняя», «высокая».

Ka – показатель влияния актива на бизнес-процессы по заданной шкале. Этот показатель может быть учтен при оценке ценности актива.

D (*defense*) – наиболее чувствительные сервисы для этого актива: конфиденциальность (*κ*), целостность (*ι*), доступность (*δ*), неотказуемость (*η*), достоверность (*ε*), подконтрольность (*π*).

В квадратных скобках выражения (1) приведены желаемые показатели в модели описания активов.

При выполнении этого этапа желательно использовать автоматизированные системы инвентаризации активов. В ручном режиме этот процесс трудоемкий, а полученная база данных по информационным активам (БД) должна поддерживаться

постоянно и в актуальном состоянии.

Следует учитывать, что в БД также вводится и актив «персонал», обслуживающий ИС и процессы ИБ.

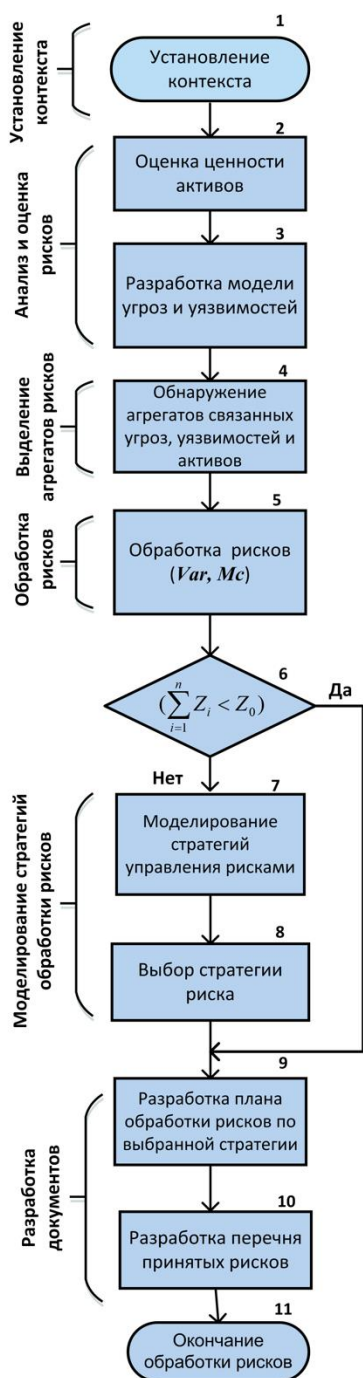


Рис. 1. Алгоритм этапов деловой игры

Результаты анализа этого раздела БД позволяют определить необходимую степень дублирование функций персонала для обеспечения непрерывности процессов информационной безопасности. При выполнении этого этапа в БД вводится информация о бизнес-процессах, которые должны быть обеспечены защитой и контролируемы, а также бизнес-процессы, непосредственно влияющие на защиту информации.

Этап 3. На этом этапе выполняется разработка комплексной модели угроз, уязвимостей и активов:

$$\{ nt_i, t_i, nv_i, v_i, na_i, u_i, m_i \}, \quad (2)$$

где m_i – метрика риска, характеризующая возможность воздействия угроз на информационные активы через уязвимости;

nt_i – угроза (наименование) или её код;

t_i – возможность реализации угрозы по принятой шкале;

na_i – наименование актива (объекта) или его код, в отношении которого реализуется угроза;

nv_i – наименование уязвимости или её код;

v_i – уязвимость актива по этой угрозе, заданная по выбранной шкале;

u_i – оценка возможных результатов реализации угрозы.

Этот этап включает выполнение следующих работ:

3.1. Анализ локальных нормативных актов (политик, процедур и инструкций) на их соответствие нормативным документам (выполняется вручную).

3.2. Проведение аудита уязвимостей ИС и системы ИБ, включающее:

а) аудит основных настроек, влияющих на безопасность операционных систем.

б) аудит беспроводных и локальных сетей, сетевых правил доступа и сегментации.

в) аудит основных настроек, влияющих на безопасность систем виртуализации.

г) аудит основных настроек, влияющих на безопасность СУБД.

д) аудит компонентов информационной инфраструктуры и приложений, влияющих на безопасность.

е) аудит основных настроек используемых средств защиты информации.

ж) анализ защищенности помещений и оборудования информационной инфраструктуры.

Аудит должен проводиться с использованием сканеров информационной безопасности, а также путем наблюдения и анализа настроек компонентов и приложений информационной инфраструктуры.

3.3. Сформировать матрицу модели угроз, уязвимостей и активов в следующем порядке:

а) из базы данных информационных активов перенести все активы (наименование и их ценность в заданной шкале), относящиеся к основным активам (бизнес-процессы, бизнес-деятельность и информация) и вспомогательным активам (аппаратные средства, программное обеспечение, сеть);

б) из БД уязвимостей для каждого актива определить наименование (код) его уязвимости и оценить возможный ущерб в принятой метрике. При этом необходимо учитывать, что одна уязвимость может иметь отношение ко многим активам и у одного актива может быть несколько уязвимостей;

в) из перечня возможных угроз [3] выделить те, которые могут прямо или косвенно влиять на анализируемый актив. Оценить возможность реализа-

ции каждой из выделенных угроз, используя заданные в метрики и значение уязвимости для этого актива. При этом необходимо учесть, что возможность реализации угроз возрастает с увеличением ценности информационного актива или величины возможного ущерба и величины его уязвимости. Это утверждение позволяет определить возможность появления угрозы не через модель нарушителя, а путем оценки значения возможности угрозы (t_i) из следующего неравенства $t_i \geq \max \{u_i, v_i\}$;

д) Уточнить оценку возможного ущерба для каждого риска (u_i). Существуют три способа:

- в форме лингвистической переменной, принимающей несколько значений {«низкий», «средний», «высокий», «критичный» и т.д.} [3]. Такая классификация определяется на этапе установления контекста. Переход от лингвистических переменных к абсолютным значениям ущербов, выраженных в денежных единицах может быть переведен с использованием теории нечетких множеств;

- в виде числовых метрик, эквивалентных значениям лингвистической переменной, например $\{1, 2, \dots, k\}$ [3]. Такие оценки хотя и являются аддитивными, но могут быть использованы только для сравнительной оценки групп рисков;

- в форме рандомизированных значений ущербов для каждого риска при заданных значениях интервальных оценок параметров потерь в абсолютных значениях их оценок и функций плотности распределения вероятностей значений ущербов.

Этап 4. Оценка рисков.

На этом этапе проводится расчет метрик риска (m_i) по формуле $m_i = t_i + v_i + u_i$.

Этап 5. Выделение связанных агрегатов рисков в модели (2). Выявление связей между отдельными рисками по активам, угрозам и уязвимостям позволяет создавать агрегаты (подмножества) рисков. Под этим термином понимают совокупность нескольких рисков, объединенных по заданным показателям и позволяющие применить общие для этих рисков меры защиты информации в информационных системах. Наиболее эффективными могут быть следующие агрегаты:

5.1. $[T]:[V]:[A]$, как $[M]:[1]:[M]$. Это отношение рассматривается как отношение «многие угрозы» к «одной уязвимости» и ко «многим активам». При этих условиях проектируется защитная мера для одной уязвимости, что исключает все угрозы относящиеся к этой уязвимости и множеству активов.

5.2. $[T]:[V]:[A]$, как $[M]:[1]:[1]$ (отношение «много угроз» к «одной уязвимости» и «одному активу»).

5.3. $[T]:[V]:[A]$, как $[1]:[1]:[M]$ (отношение «одна угроза» к «одной уязвимости» и «многим активам»).

5.4. $[T]:[V]:[A]$, как $[1]:[M]:[M]$ (отношение «одна угроза» к «многим уязвимостям» и «многим активам»).

5.5. $[T]:[V]:[A]$, как $[1]:[M]:[1]$ (отношение «одна угроза» к «многим уязвимостям» и «одному активу»).

Обработка агрегатов рисков осуществляется на

следующем этапе. Результаты выделения агрегатов позволяют сократить объем матрицы рисков в несколько раз и применить одни меры контроля и управления к одним и тем же уязвимостям, активам и угрозам.

Этап 6. Обработка рисков.

Этот этап предполагает последовательное проведение работ для формирования матрицы

$$\{nt_i, nv_i, na_i, u_i, m_i, v_i, c_i, z_i\}, \quad (3)$$

где v_i – вариант обработки i -го риска (снижение, сохранение, предотвращение или перенос риска);

c_i – предлагаемые меры контроля и управления;

z_i – затраты на управление;

6.1. Для каждого агрегата рисков определяются способ обработки рисков и выбор мер контроля и управления по следующим правилам:

а) риски, относящиеся к агрегатам типа 5.1 практически однозначно обрабатываются путем снижения уязвимости активов. Чем большая мощность агрегата, тем более выгодней применение этой меры контроля и управления;

б) риски, относящиеся к агрегатам типа 5.2 обрабатываются либо путем снижения уязвимости актива, либо путем переноса рисков за счет передачи актива в другие организации, виртуальные среды и т.д. Конечный выбор варианта обработки и защитных мер определяется экономическими факторами;

в) риски, относящиеся к агрегатам типа 5.3 обрабатываются либо путем предотвращения (блокирования) угрозы, либо снижения уязвимости активов;

г) риски, относящиеся к агрегатам типа 5.4 однозначно обрабатываются путем предотвращения (блокирования) угрозы организационными, техническими или криптографическими средствами;

е) риски, относящиеся к агрегатам типа 5.5 обрабатываются либо путем предотвращения (блокирования) угрозы, либо путем переноса рисков за счет передачи актива в другие организации, виртуальные среды и т.д. Конечный выбор варианта обработки и защитных мер определяется экономическими факторами;

ф) риски имеющие малую мощность ($[T]:[V]:[A]$, как $[1]:[1]:[1]$) обрабатываются способом, при котором затраты на обработку минимальны.

6.2. Рассчитать затраты на принятие мер контроля и управления (z_i). В том случае, если для агрегата рисков достаточно одной меры контроля и управления, все остальные затраты в этой группе риска будут равны 0.

6.3. Рассчитать общую сумму затрат на все защитные мероприятия. При этом необходимо избежать дублирования затрат по предотвращению угроз и снижению уязвимостей активов за счет применения комплексных средств защиты информации.

6.4. Уточнить параметр U (оценка возможного

ущерба). Так как в матрице рисков (3.16) один и тот же актив рассматривается с точки зрения различных уязвимостей возникающих независимо друг от друга, то при этом возникает ситуация, когда суммарный ущерб по этому активу может превышать общую его ценность. При оценке ущербов в относительных единицах это не имеет особого значения, но решение второй группы задач становится невозможным, так как для этого необходимо проводить сопоставление ущербов и затрат в одинаковых метриках. Для решения этой задачи необходимо провести некоторые преобразования оценок ущербов (u_i) исходя из следующего предположения: величина возможного ущерба не может превышать стоимости актива, в отношении которого реализована угроза

$$U_{TA} \leq V_A.$$

Отсюда возникает и другое ограничение: *величина затрат на создание системы информационной безопасности не может превышать величину всех возможных ущербов, связанных с компрометацией или потерей активов.*

Возможны следующие пути решения этой задачи:

1. Если актив может подвергаться нескольким угрозам одновременно, а возможность реализации угроз и оценка возможного ущерба задаются в форме значений лингвистической переменной, тогда общее значение ущерба определяется как

$$u_{ni} = \max \{ u_i \}, i=1, \dots, n,$$

где u_{ni} – новое значение u_i .

Этот метод суммарной оценки ущерба от воздействия угроз на один актив может быть использован при небольшом количестве угроз. Иначе использование этого подхода будет приводить к недооценке последствий реализации угроз.

2. Если актив подвергается нескольким угрозам одновременно, а возможность реализации угроз и оценка возможного ущерба и ценности активов задаются в одних формах числовых метрик, тогда оценка возможного ущерба для каждого риска u_i определяется как $u_{ni} = \mu u_i$, где μ – коэффициент, корректирующий значение показателя u_i .

$$\mu = \begin{cases} \frac{\sum_i v_i}{\sum_i u_i}, & \sum_i v_i < \sum_i u_i \\ 1, & \sum_i v_i \geq \sum_i u_i \end{cases}$$

Такой подход является более универсальным, так суммарная оценка ущерба не может превышать суммарную оценку ценности активов и рассчитывается пропорционально вкладу каждого риска.

В том случае, если используется в качестве показателя риска значение (m_i), позволяющая оценить одновременно угрозу, уязвимость и ценность актива, то его можно применять только для сравнительной оценки рисков или групп рисков между собой.

Этап 7. Анализ рисков.

Если существуют ограничения на бюджет проектирования системы информационной безопасности, то на этапе сравнивается полученная сумма затрат с величиной бюджета. Если затраты не превышают установленных ограничений, то работа по

моделированию рисков завершается разработкой плана обработки рисков и планирующих документов (этапы 10-12). В другом случае осуществляется переход на следующий этап.

Этап 8. Моделирование стратегий управления рисками. Для решения задач, связанных с оценкой экономических эффектов матрица рисков расширяется за счет включения новых параметров и принимает следующий вид:

$$\langle N_b, N_v, N_a, U, M, V, C, Z, S_z, S_w, S_{uz} \rangle, \quad (4)$$

где N_b, N_v, N_a – идентификаторы угроз, уязвимостей и активов.

V – вариант обработки риска (снижение, сохранение, предотвращение или перенос риска).

M – предлагаемые меры защиты, контроля и управления.

Z – затраты на меры защиты, контроля и управления.

S_z – накопленная сумма затрат на меры контроля и управления.

S_u – накопленная сумма возможных последствий от реализации угроз.

S_{uz} – накопленная сумма разницы между u_i и z_i для каждого риска.

В модифицированной матрице рисков осуществляется моделирование различных вариантов управления рисками на основе различных стратегий. Основными из них являются следующие:

$$\begin{aligned} s_1 &= \{ (u_1 - z_1) > (u_2 - z_2) > \dots > (u_k - z_k) \}, \\ s_2 &= \{ z_1 < z_2 < \dots < z_k \}, \\ s_3 &= \{ m_1 > m_2 > \dots > m_k \}. \end{aligned} \quad (5)$$

Результаты моделирования представляются в виде трех матриц, в которых риски ранжируются по отдельным параметрам и приоритетам. Для выполнения следующего этапа эти результаты представляются в форме графика, вариант которого для трех стратегий представлен на рис.2.

Этап 9. Выбор рациональной стратегии риска.

Определим понятие «рациональная стратегия» как выражение

$$\max_s \left(\sum_{i=1}^k u_i^s \right), \left(\sum_{i=1}^k z_i^s < z_o \right), i = \overline{1, k}, s = \overline{1, n} \quad (6)$$

На рис.2 представлен вариант моделирования рисков по двум различным стратегиям (s_1, s_2, s_3).

Лучшей из них, которое соответствует рациональной стратегии, является стратегия №1, которая при заданных значения z_o , обеспечивает максимальное значение $(u_o - z_o)$. Это означает, что для выполнения этих условий достаточно в план обработки рисков включить те из них, которые входят в последовательность рисков от r_1 до r_o . Важно отметить, что набор этих рисков может быть в любой логической последовательности, которая определяется в плане обработки рисков.

Какие выводы можно сделать при выборе рации-

ональной стратегии обработки рисков?

При отсутствии каких-либо ограничений на затраты по принятию мер контроля и управления выбор каких-либо стратегий лишен смысла, так как в этом случае обрабатываются все риски от r_1 до r_n . Во всех других случаях последовательность обработки рисков в стратегиях может существенно влиять на результат.

После того, как определена рациональная стратегия обработки рисков и определен набор контрмер защиты, порядок обработки рисков и внедрения мер контроля и управления не имеет никакого значения и должен соответствовать только логике процессов создания СМИБ. Моделирование различных стратегий управления рисками позволяет учесть основные факторы бизнеса и сформировать обоснованный план обработки рисков. Эти стратегии могут быть расширены путем добавления комбинаций факторов в модели рисков (4), однако при этом необходимо учесть ограничения, установленные при определении контекста обработки рисков.

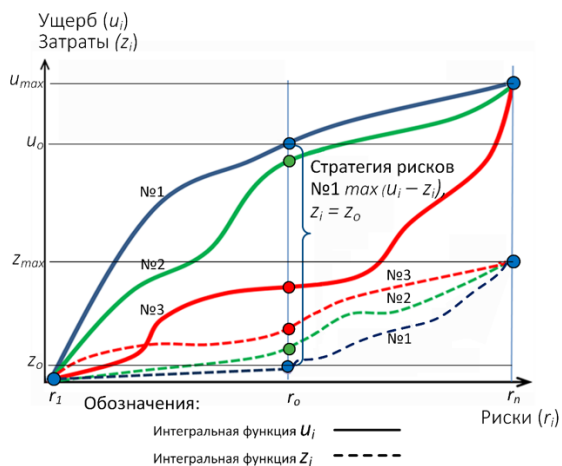


Рис.2. Результаты моделирования двух стратегий обработки рисков

Этап 11. Разработка положения о применимости.

Положение о применимости включает в себя обоснование применения или отсутствия рекомендуемых нормативными документами мер и средств контроля и управления (контролей или мер) [5-7].

Этап 12. Разработка перечня принятых рисков и плана коммуникации рисков.

В план включаются параметры рисков из плана обработки рисков в той же последовательности, что и в плане обработки рисков, но с дополнительными параметрами, включающими информацию о владельцах рисков. На заключительном этапе проводится защита студентами этапов деловой игры. Игра реализована в виртуальной среде кафедры БИТ в технологии Moodle.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье рассмотрен методологический подход к оценке рисков информационной безопасности, реализованный в форме деловой игры на основе модели финансово-кредитного учреждения.

Такая форма проведения занятий позволяет находить обоснованные решения по созданию СМИБ в условиях ограничений на затраты за счет анализа различных стратегий обработки рисков.

Этот подход разработан на основе результатов НИР, проведенной на кафедре БИТ в 2017-2019 годах [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации (утверждена Указом Президента РФ № 646 от 5 декабря 2016 г.).
2. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001-2006.
3. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Свод норм и правил менеджмента информационной безопасности ГОСТ Р ИСО/МЭК 27002-2012.
4. Информационная технология. Методы и средства обеспечения информационной безопасности. Менеджмент риска информационной безопасности. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27005-2012.
5. Минзов А.С., Невский А.Ю., Баронов О.Р. Управление рисками информационной безопасности: Монография/ Под редакцией А.С. Минзова. — М. : ВНИИ-геосистем, 2019. — 110 с. : ил.



Секция 2

**ИНФОРМАЦИОННОЕ
И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

АНАЛИЗ ОБЪЕКТИВНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕСТИРОВАНИЯ ЗНАНИЙ

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются вопросы соответствия результатов автоматизированной проверки знаний с помощью тестов реальным знаниям студентов. Описываются итоги статистического анализа зависимости оценок, полученных на традиционно организованных экзаменах и контрольных работах, от оценок предшествующего им тестирования.

Ключевые слова – автоматизированная проверка знаний, тестирование, объективность результатов тестирования, статистический анализ

1. ВВЕДЕНИЕ

Контроль знаний с помощью автоматизированных систем тестирования является неотъемлемой частью процесса автоматизации современного образования.

Под объективностью результатов тестирования обычно понимается соответствие этих результатов реальным знаниям студентов. Однако всегда остается сомнение в объективности тестирования, потому что очень трудно определить критерий объективности.

В рассматриваемой работе в качестве критерия объективности результатов тестирования предлагается использовать их соответствие результатам традиционного контроля знаний студентов в форме устного экзамена и контрольных работ, которые принимаются как экспертные оценки результатов тестирования. Приводятся результаты статистического анализа зависимости оценок, полученных на экзамене и контрольных работах, от оценок, полученных при тестировании. Тестирование проводилось в системе дистанционного обучения «Прометей» НИУ «МЭИ» [1]. Расчеты были выполнены в среде MS Excel. Идея этого исследования возникла из анализа примеров учебника [2].

2. ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ЗАВИСИМОСТИ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ ОЦЕНОК ОТ ОЦЕНОК ТЕСТИРОВАНИЯ

Использовались оценки экзамена по дисциплине «Информатика» на первом курсе факультета Электронной техники (ЭТФ) Института радиотехники и электроники (ИРЭ) НИУ «МЭИ» в зимнюю сессию 2018-2019 учебного года. На первом курсе ЭТФ в то время обучалось 150 студентов. Из рассмотрения были исключены оценки студентов, не вышедших на экзамен и удаленных с экзамена. Получилась выборка из 118 наблюдений.

Исследовалась зависимость оценок экзамена от результатов тестирования, проведенного в конце семестра.

Первичный анализ выборки показал, что результаты тестирования отличались от результатов экзамена не более чем на 1 балл для 102 (из 118) наблюдений. Этот факт позволил предположить наличие статистической зависимости экзаменационных оценок от оценок тестирования. Следует также заметить, что в основном (для 99 из 118 студентов, то есть в 83,9 % случаев) оценка по тестированию не превосходила экзаменационную оценку. Таким образом, эксперт (преподаватель) ставил оценки менее строго, чем тест.

Далее были рассчитаны частоты получения оценок на экзамене для каждой из допустимых оценок тестирования. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Частоты получения оценок (в %)

Оценки		Экзамен			
		2	3	4	5
Т е с т	5	0,00	7,69	15,38	69,23
	4	1,72	13,79	24,14	60,34
	3	12,77	25,53	31,91	29,79

Гистограммы частот приведены на рис. 1. Из таблицы и гистограмм следует:

- 1) более 68 % студентов, сдавших тест на «5», получили «5» на экзамене;
- 2) более 84 % студентов, сдавших тест на «5», получили «4» или «5» на экзамене;
- 3) более 84 % студентов, сдавших тест на «4», получили «4» или «5» на экзамене;
- 4) более 87 % студентов, получивших «3» за тест, сдали экзамен на положительную оценку.

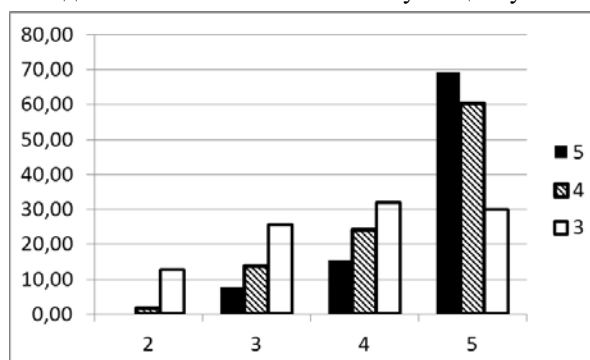


Рис. 1. Гистограммы частот экзаменационных оценок; в легенде справа показаны оценки тестирования, по горизонтальной оси – оценки.

Вышеперечисленные пункты говорят о том, что следует признать зависимость между экзаменационными оценками и оценками тестирования.

По методу наименьших квадратов произведено оценивание функции линейной регрессии результатов экзамена (y) по результатам тестирования (x):

$$y = 0,49x + 2,37.$$

В соответствии с этой формулой, средняя оценка за экзамен, для студентов, получивших оценку «3» за тест, равна 3,85; для студентов, получивших «4» за тест, средняя оценка за экзамен равна 4,34; для студентов, получивших «5» за тест, средняя оценка за экзамен равна 4,83.

Проверка значимости линейной зависимости $y(x)$ по критерию Фишера показала, что она значима с вероятностью ошибки 0,05. Значение статистики Фишера равно 15,50, критическое значение равно 3,93, и гипотеза о незначимости зависимости отклоняется.

Строго говоря, для исследования зависимости оценок от различных факторов, следует применять модель множественного выбора с упорядоченными альтернативами (см. например, [3]), но в данной работе эта модель не рассматривалась.

3. АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ЗАВИСИМОСТИ ОЦЕНОК ЗА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ ОТ ОЦЕНОК ТЕСТИРОВАНИЯ

Рассматривались оценки контрольной работы по дисциплине «Объектно-ориентированный анализ и программирование» студентов, обучающихся на втором курсе Инженерно-экономического института НИУ «МЭИ» по направлению «Прикладная информатика». Исследовалась зависимость оценок за контрольную работу от оценок тестирования по этой же теме. Имелась выборка из 32 наблюдений.

Было замечено, что оценки тестирования отличались от оценок по контрольной работе не более чем на 1 балл для 29 (из 32) наблюдений. Это позволило предположить наличие статистической связи оценок контрольной работы и оценок тестирования. Следует также отметить, что в отличие от исследования, представленного в разделе 2, в основном оценки тестирования (в 29 наблюдениях из 32) были больше или равны оценок за контрольную работу, то есть экспертные оценки были в основном более строгими, чем оценки тестирования.

Количество оценок за контрольную работу для каждой из оценок тестирования представлено в таблице 2. Оценка за тестирование «2» отсутствует в таблице, так как при ее получении студенту сразу же предоставлялась возможность пересдать тест.

Таблица 2. Количество оценок по контрольной работе, выборка по двум группам

Оценки		Контрольная работа				
		2	3	4	5	Всего
Т е с т	5	0	1	3	6	10
	4	2	2	1	0	5
	3	8	9	0	0	17

Гистограммы количеств оценок по контрольной работе для каждой оценки тестирования представлены на рис. 2. Из таблицы и гистограмм следует:

- 1) все студенты, получившие «5» за тест, написали контрольную работу на положительную оценку, причем 9 из десяти студентов получили «4» и «5»;
- 2) из 5 студентов, получивших за тест «4», 3 студента написали тест на положительную оценку;
- 3) из 17 студентов, получивших за тестирование «3», ни один не получил за контрольную оценку «4» или «5».
- 4) Из 32 студентов, сдавших тест, 24 студента (75 %) получили положительную оценку по контрольной работе.

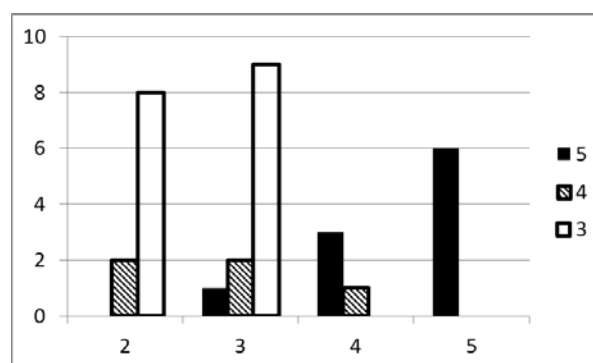


Рис. 2. Гистограммы количества оценок за контрольную работу, выборка по двум группам. В легенде справа представлены оценки тестирования, по горизонтальной оси — оценки по

Приведенные пункты говорят в пользу существования зависимости между оценками за контрольную работу и оценками тестирования.

По методу наименьших квадратов была определена оценка функции линейной регрессии результатов контрольной работы (y) по результатам тестирования (x):

$$y = 0,95x - 0,42.$$

По этой формуле получаем, что средняя оценка за контрольную работу для студентов, получивших оценку «3» за тест, равна 2,44. Для студентов, получивших «4» за тест, средняя оценка за контрольную равна 3,40. Для студентов, получивших «5» за тест, средняя оценка за контрольную равна 4,35. Таким образом, оценки за контрольную работу проставлены более строго, чем оценки за тест.

Проверка значимости линейной зависимости $y(x)$ по критерию Фишера показала, что она значима с вероятностью ошибки 0,05. Значение статистики Фишера равно 50,85, критическое значение равно 4,17.

Далее приводится анализ оценок студентов этих групп по этой же дисциплине, по следующему разделу этой же дисциплины. Размер выборки снизился до 30, так как два студента из предыдущей выборки не прошли тест. Как и в предыдущем исследовании, в основном оценки тестирования (в 24 случаях из 30) были больше или равны оценок за контрольную работу, то есть экспертные оценки были в основном более строгими, чем оценки те-

стирования. Оценки тестирования отличались от оценок по контрольной работе не более чем на 1 балл для 28 (из 30) наблюдений. Поэтому было сделано предположение о наличии статистической зависимости оценок контрольной работы от оценок тестирования.

Количество различных оценок за контрольную работу для каждой из оценок тестирования (3, 4, 5) представлено в таблице 3.

Таблица 3. Количество оценок по контрольной работе для каждой оценки тестирования, выборка по двум группам, второму разделу дисциплины

Оценки		Контрольная работа				
		2	3	4	5	Всего
Т е с т	5	0	1	0	1	2
	4	2	5	7	7	21
	3	1	5	1	0	7

Гистограммы по этой таблице представлены на рис. 3. Из таблицы и гистограмм следует:

- 1) все студенты, получившие «5» за тест, написали контрольную работу на положительную оценку;
- 2) из 21 студента, получивших за тест «4», только 2 студента написали контрольную работу на неудовлетворительную оценку, причем 14 (66,7 %) студентов получили оценки «4» и «5»;
- 3) из 7 студентов, получивших за тестирование «3», 5 студентов получили за контрольную работу ту же оценку.
- 4) Из 30 студентов, сдавших тест, только один студент получил за контрольную работу неудовлетворительную оценку.

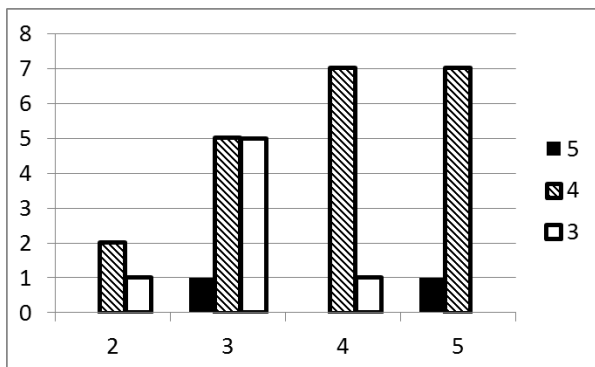


Рис. 3. Гистограммы количества оценок за контрольную работу по второму разделу, выборка по двум группам. В легенде справа представлены оценки тестирования, по горизонтальной оси — контрольной работе.

Перечисленные выше соображения говорят в пользу наличия зависимости между результатами контрольной работы и тестирования. Оценка функции линейной регрессии результатов контрольной работы (y) по результатам тестирования (x):

$$y = 0,67x + 1,12.$$

Таким образом, средняя оценка за контрольную работу, для студентов, получивших оценку «3» за тест, равна 3,13. Для студентов, получивших «4» за

тест, средняя оценка за контрольную работу равна 3,81. Для студентов, получивших «5» за тест, средняя оценка за контрольную работу равна 4,49.

Однако, следует отметить, что гистограммы количеств оценок тестирования и контрольной работы (см. рис. 4) существенно отличаются. Например, количество оценок «4» по тестированию равно 21, а по контрольной работе 8.

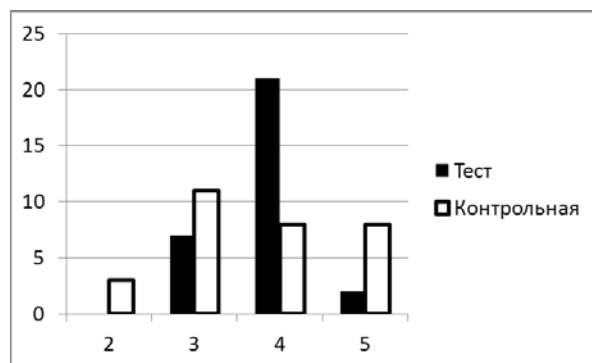


Рис. 4. Сравнение гистограмм оценок по тестированию и контрольной работе.

Проверка значимости линейной зависимости $y(x)$ по критерию Фишера показала, что она значима с вероятностью ошибки 0,05. Значение статистики Фишера равно 4,22, критическое значение равно 4,20. Таким образом, для этой выборки зависимость $y(x)$ находится на грани значимости.

4. ПРИМЕР, КОГДА ОТСУТСТВУЕТ СТАТИСТИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ ОЦЕНОК ЗА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ ОТ ОЦЕНОК ТЕСТИРОВАНИЯ

Далее изложены результаты тестирования еще одной группы потока, данные по которому исследовались в разделе 3. Эта группа рассматривается отдельно, так как является самой слабой группой потока по данной дисциплине. Контрольную работу подавляющее число студентов группы написали неудовлетворительно, поэтому исследовались оценки, полученные в результате многократного переписывания. Выборка состояла из 19 наблюдений.

В результате первичного анализа выборки было выявлено, что оценки тестирования отличались от оценок по контрольной работе не более чем на 1 балл для 16 (из 19) наблюдений. Поэтому было решено попытаться выявить статистическую зависимость оценок контрольной работы от оценок тестирования. В основном оценки тестирования (в 18 наблюдениях из 19), как и в предыдущем исследовании, были больше или равны оценок за контрольную работу. Автор считает, что это свойство выборки в данном случае в основном объясняется тем, что у большинства студентов группы отсутствуют необходимые навыки решения задач.

Количество различных оценок за контрольную работу для каждой из оценок тестирования представлено в таблице 4. Оценка за тестирование «2» отсутствует в таблице, так как при получении этой

оценки студентам предоставлялась возможность пересдать тест. Оценка «2» за контрольную работу также отсутствует в таблице, так как контрольная работа многократно переписывалась студентами до получения положительной оценки.

Таблица 4. Количество оценок по контрольной работе для каждой оценки тестирования, выборка по одной группе

Оценки		Контрольная работа			
		3	4	5	Всего
Т е с т	5	3	2	0	5
	4	10	0	1	11
	3	3	0	0	3

Гистограммы по этой таблице представлены на рис. 5. Из таблицы и гистограмм следует:

- 1) связь между результатами тестирования и контрольной работы не является очевидной;
- 2) большинство студентов (11 из 19) сдали тест на оценку «4»;
- 3) большинство студентов (16 из 19) получили по контрольной работе оценку «3».

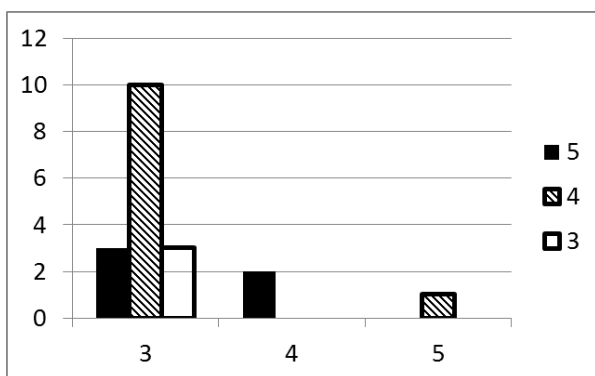


Рис. 5. Гистограммы количества оценок за контрольную работу, выборка по одной группе. В легенде справа представлены оценки тестирования, по горизонтальной оси — оценки за контрольную работу.

Эти факты свидетельствуют об очень низкой успеваемости группы по данному предмету, что было очевидно до начала исследования.

По критерию Фишера гипотеза о незначимости линейной зависимости оценок контрольной работы (y) от оценок тестирования (x) не отклоняется. Значение статистики Фишера равно 1,12, критическое значение равно 4,45. Таким образом, по критерию Фишера, нет оснований считать эти оценки статистически связанными.

Несмотря на незначимость линейной зависимости $y(x)$, интересно рассмотреть оценку функции регрессии:

$$y = 0,20x + 2,38.$$

В соответствии с этой формулой, средняя оценка за контрольную работу, для студентов, получивших оценку «3» за тест, равна 2,99. Для студентов, получивших «4» за тест, средняя оценка за контрольную работу равна 3,19. Для студентов,

получивших «5» за тест, средняя оценка за контрольную работу равна 3,39. Таким образом, для любой оценки тестирования (3, 4, 5) средняя оценка за контрольную работу близка к оценке «3». Это также показывает отсутствие статистической связи между оценками тестирования и контрольной работы.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Объективность результатов автоматизированной проверки знаний зависит от многих обстоятельств. Опыт автора показывает, что хорошие тесты, многократно опробованные на разных потоках, часто теряют свою объективность в следующих ситуациях:

- 1) когда один и тот же тест многократно пересдается с целью улучшения оценки; обычно пересдаются неудовлетворительно сданные тесты; «коллективный разум» двоечников в процессе многократных пересдач по крупицам собирает тест и распространяет его в своем «коллективе»;
- 2) когда тестирование проводится не в часы занятий в присутствии преподавателя, а в любое время с любого компьютера с доступом в Интернет; без сомнения, в этой ситуации плохо успевающие студенты сдают тесты с чужой помощью.

Автор убежден, что на современном уровне автоматизации образования объективную оценку знаний дают традиционные, проводимые преподавателем, контрольные мероприятия: экзамены, защиты лабораторных и практических работ, контрольные работы. Тестирование можно использовать только в сочетании с этими мероприятиями, например, для самостоятельной проверки знаний студентами, а также, при определенных обстоятельствах, для оперативного (но не окончательного!) оценивания знаний.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает глубокую благодарность:

- Администраторам и организаторам системы дистанционного обучения «Прометей» НИУ «МЭИ» за безотказную и оперативную организацию тестирования на потоках очного, очно-заочного и заочного обучения.
- Деканату ЭТФ и лично заместителю директора ИРЭ Зезину Денису Анатольевичу за предоставление данных об оценках студентов первого курса по дисциплине «Информатика».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Общее описание** Системы дистанционного обучения «Прометей». – М., 2012. 58 с.
2. **Кремер Н.Ш., Путко Б.А.** Эконометрика: Учебник для вузов/ Под ред. проф. Н.Ш. Кремера. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2013. 328 с.
3. **Эконометрика:** Учебник/ И.И. Елисеева, С.В. Курышева, Т.В. Костеева и др.; Под ред. И.И. Елисеевой. М.: Финансы и статистика, 2005. 576 с.

ПРИМЕНЕНИЕ СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ-ЭНЕРГЕТИКОВ

АННОТАЦИЯ

Одна из особенностей инженерной подготовки в области электроэнергетики и электротехники заключается в значительном объеме изучаемых специализированных физико-математических дисциплин. Они, в частности, предполагают приближённое аналитическое или численное решение проблемно-ориентированных задач. Это требует большого объема вычислений с использованием электронно-вычислительных машин. В докладе показано, что эффективным инструментом для решения таких задач может быть свободно распространяемая программа для математических и инженерных расчётов Scilab.

1. ВВЕДЕНИЕ

Одна из особенностей инженерной подготовки в области электроэнергетики и электротехники, по сравнению с обучением по сугубо экономическим, управленческим и гуманитарным профилям и программам подготовки бакалавров и магистров, заключается в значительном объеме изучаемых специализированных физико-математических дисциплин. Например бакалавры, проходящие подготовку по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», изучают дисциплину «Теоретические основы электротехники» (ТОЭ), где, в частности, изучаются аналитические методы расчёта и анализа переходных и установившихся режимов в электрических цепях с сосредоточенными и распределёнными параметрами, одно- и двумерных электрических полей простой конфигурации. В дальнейшем полученные знания развиваются и углубляются в направлениях, характерных для каждого из специализированных профилей указанного направления. Например, профиль подготовки «Высоковольтные электроэнергетика и электротехника» предусматривает изучение дисциплин «Физико-математические основы техники высоких напряжений» и «Переходные процессы в электроэнергетических системах» В них на основе знаний и умений, сформированных в процессе освоения ТОЭ, формируются знания приближённых аналитических и численных методов решения упомянутых задач и умения применять их в области Техники и электрофизики высоких напряжений (ТЭВН).

Решение, особенно численное, физико-математических задач, специфических для той или иной области инженерных наук, требует большого объема вычислений с использованием электронно-вычислительных машин (ЭВМ). Например, в ТЭВН это математическое моделирование электромагнитных переходных процессов в длинных воздушных и

кабельных линиях электропередачи (ЛЭП), расчёт и анализ электрических полей (ЭП) различной конфигурации в установках высокого напряжения (ВН). Анализ полученных данных требует их наглядного графического представления, а в процессе обработки результатов могут оказаться нужными дополнительные вычисления, к которым относятся, например, интерполяция или аппроксимация результатов, поиск экстремумов полученных функций и т.д. Поэтому в обучении инженеров-энергетиков необходимо использовать программы для ЭВМ, специализированные на научных и инженерных расчётах.

Сегодня в научной и образовательной деятельности получили распространение две подобные программы – MATLAB и Mathcad. Их бесспорным достоинством является богатый выбор стандартных математических и графических функций. Кроме того, их широкое применение способствует формированию сообщества пользователей, выкладывающих свои собственные разработки в сети Интернет, что ещё больше увеличивает популярность названных программ. Единственным их недостатком, пожалуй, является стоимость, достаточно высокая для индивидуального российского покупателя. Она затрудняет домашнее использование MATLAB и Mathcad студентами вузов для выполнения расчётных заданий, курсовых проектов и работ и т.п.

Разумной альтернативой названным программам, по мнению автора, по меньшей мере в домашнем использовании, может стать свободно распространяемое программное обеспечение Scilab [1] (www.scilab.org). Оно представляет собой среду для научных и инженерных расчётов, которая работает под управлением операционных систем Microsoft Windows и Apple Mac OS X различных версий, а также многих клонов Linux. Его библиотеки стандартных функций достаточно богаты и покрывают подавляющую часть потребностей в математических вычислениях и графическом представлении результатов. Всё недостающее легко написать на языке программирования Scilab, который мало отличается от языка MATLAB.

Основной недостаток Scilab, пожалуй, заключается в том, что его программы интерпретируются исполняющей средой, а не компилируются в машинный код. Поэтому в случае его использования затраты времени счёта реализующей ЭВМ превышают время исполнения откомпилированной программы, написанной на языке высокого уровня (при прочих равных условиях). Быстрее выполняются программы и в среде MATLAB. Следовательно,

возникает вопрос о конкурентоспособности Scilab по критерию затрат машинного времени.

Ниже представлены примеры использования Scilab для решения двух задач, характерных для ТЭВН: расчёт переходного процесса в однородной электрической линии с распределёнными параметрами и расчёт двумерного ЭП. Приведены оценки затрат времени на не самом производительном по современным меркам персональном компьютере.

2. ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММЫ SCILAB

2.1. Математическое моделирование распространения волны напряжения в однородной электрической линии с распределёнными параметрами

Одной из классических физико-математических задач ТЭВН, решению которых в обязательном порядке обучают выпускников кафедры ТЭВН НИУ «МЭИ», является расчёт пространственно-временных распределений напряжения в длинных ЛЭП в процессе распространения в них грозовых волн напряжения [2]. Результаты этих расчётов позволяют оценить максимальные значения напряжений, воздействующих на изоляцию ЛЭП и оборудование подключённых к ним подстанций ВН.

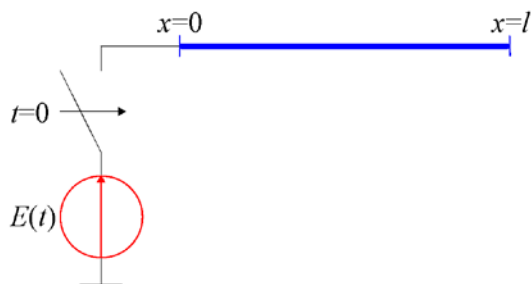


Рис. 1. Схема замещения электрической цепи при подключении разомкнутой однородной электрической линии к источнику ЭДС.

В простейшем случае ЛЭП замещается незаряженной однородной линией с распределёнными параметрами без учёта продольных и поперечных активных потерь, которая имеет длину l , удельную ёмкость C_0 и индуктивность L_0 . В момент времени $t=0$ к левому концу линии подключается ЭДС $E(t)$, а её правый конец остаётся разомкнутым во всём диапазоне значений t . Соответствующая схема замещения электрической цепи приведена на рис. 1.

В описанной задаче функциональная зависимость напряжения $U(x,t)$ в точках линии от пространственной координаты x и времени t описывается волновым уравнением [3]

$$\partial^2 U / \partial t^2 = v_0^2 \partial^2 U / \partial x^2, \quad 0 \leq x \leq l, \quad 0 \leq t \leq T, \quad (1)$$

где $v_0 = (C_0 L_0)^{-0.5}$ – скорость распространения волны напряжения вдоль ЛЭП, $x=0$ соответствует левому концу линии, $x=l$ – правому (см. рис. 1). Решение уравнения (1) отыскивается в интервале времени $0 \leq t \leq T$, где в данной работе $T=1,5l/v_0$.

Уравнение (1) дополняется начальными условиями (НУ)

$$U|_{t=0}=0, \quad \partial U / \partial t|_{t=0}=0, \quad 0 \leq x \leq l, \quad (2)$$

и граничными условиями (ГУ)

$$U|_{x=0}=E(t), \quad \partial U / \partial x|_{x=l}=0, \quad 0 \leq t \leq T. \quad (3)$$

В этой работе уравнение (1) с НУ (2) и ГУ (3) численно решено методом конечных разностей [4] на конечно-разностной (КР) сетке с постоянными шагами $h=l/(N_x-1)$ по координате x и τ по времени t , где N_x – число шагов по x . Для решения краевой задачи (1)–(3) была применена явная КР аппроксимация «крест» второго порядка точности [4]. Её устойчивость определяется условием Куранта $0 < k = v_0 \tau / h \leq 1$, где k – число Куранта. Тогда $\tau = kh/v_0$, и число N_t шагов по t определяется соотношением $N_t = \text{int}(T/\tau) + 1$. Ниже представлены результаты расчёта, полученные при $k=1$, что, кроме устойчивости, обеспечило и монотонность численного решения.

В качестве простого примера на рис. 2 представлены результаты решения задачи (1)–(3), полученные в среде Scilab для однопроводной воздушной линии (ВЛ) длиной $l=10^5$ м, чей провод имел радиус $R=0,015$ м и был помещён на высоте $H=8$ м.

В этом случае удельная ёмкость C_0 и индуктивность L_0 ВЛ в соответствии с учебником [3] и справочной книгой [5] определяются соотношениями

$$C_0 = 2\pi\epsilon_0 / \ln(2H/R), \quad (4)$$

$$L_0 = \mu_0 / (2\pi) \cdot [\ln(2H/R) + 1/4]. \quad (5)$$

Расчёт по (4) и (5) при указанных выше значениях H и R даёт $C_0 = 7,975 \cdot 10^{-12}$ Ф/м и $L_0 = 1,4 \cdot 10^{-6}$ Гн/м. Им соответствует $v_0 = 2,946 \cdot 10^8$ м/с, и $T = 5,091 \cdot 10^{-4}$ с.

Графики на рис. 2 получены при $E(t) = E_{\max} \cdot (e^{-t/t_{\Phi}} - e^{-t/t_{\Psi}})$, где $E_{\max} = 10^5$ В, $t_{\Phi} = 1,2 \cdot 10^{-6}$ с и $t_{\Psi} = 5 \cdot 10^{-5}$ с.

В момент времени $t=T/3$ волна, распространяясь слева направо (на рис. 2), достигает середины ВЛ, а в момент $t=2T/3$ – разомкнутого конца, от которого происходит её отражение со своим знаком. Поэтому, в соответствии с выкладками, представленными в учебнике [3] и изучаемыми студентами в дисциплине «Теоретические основы электротехники», максимальное напряжение в конце линии достигает $2U_{\max} = 1,781 \cdot 10^5$ В, где $U_{\max} = \max[E(t)] = 8,903 \cdot 10^5$ В. К моменту $t=T$ уже отражённая волна, движущаяся справа налево на рис. 2, приходит к середине ВЛ.

Расчёты, результаты которых представлены ниже, выполнены на слабом по современным меркам ноутбуке с процессором Intel Celeron N3350 с тактовой частотой 1,1 ГГц оперативной памятью объёмом 4 ГБ, который работал под управлением 64-разрядной операционной системы Windows 10. Соответственно, была применена 64-разрядная редакция Scilab.

Табл. 1 иллюстрирует зависимость затрат времени $t_{\text{сч}}$ реализующей электронно-вычислительной машины (ЭВМ) от числа N_x узлов КР сетки по пространственной координате и соответствующего ему числа N_t шагов по времени.

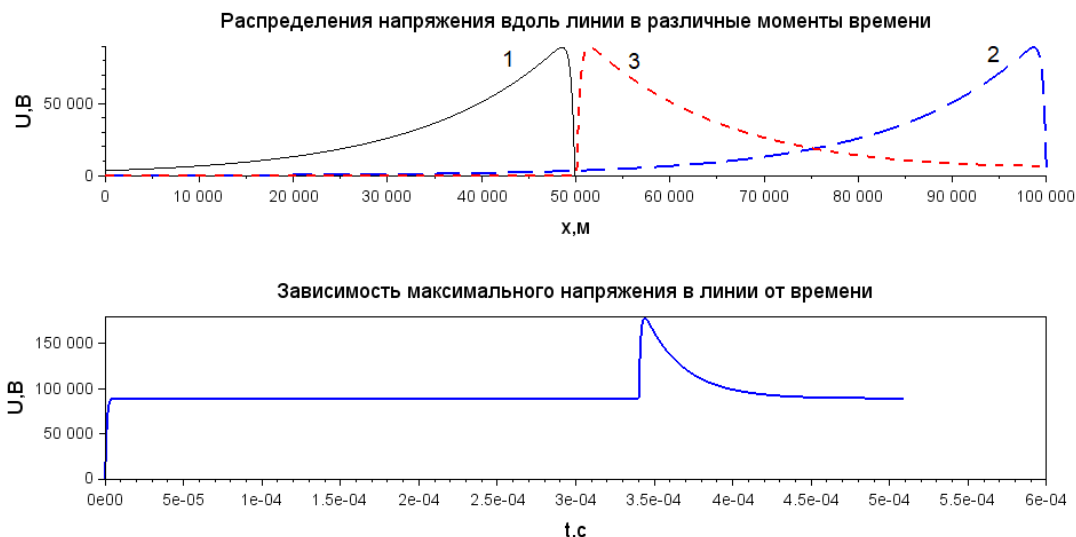


Рис. 2. Распределения напряжения $U(x,t)$ вдоль однородной электрической линии (см. рис. 1) в различные моменты времени t и зависимость максимального напряжения в линии от времени: 1 – $t=T/3$; 2 – $t=2T/3$; 3 – $t=T$.

Таблица 1. Зависимость затрат времени реализующей ЭВМ от числа N_x узлов КР сетки по x

N_x	251	501	1001	2001
N_t	375	750	1500	3000
$t_{сч}, с$	3,436	13,882	53,690	263,247

Из данных, представленных в табл. 1 легко заключить, что даже при использовании не самой современной ЭВМ время счёта изменяется от $\approx 3,5$ секунд на КР сетке, содержащей 251×375 узлов, до $\approx 4,4$ минуты на сетке из 2001×3000 узлов (указаны соответствующие друг другу значения $N_x \times N_t$).

Таким образом, приведённые выше данные говорят о том, что среда для инженерных и научных расчётов Scilab позволяет выполнять достаточно сложное численное решение физико-математических задач за умеренное время, вполне приемлемое для учебного процесса.

2.2. Расчёт электрического поля токоведущей шины круглого сечения над землёй

Второй классической физико-математической задачей ТЭВН, решение которой изучают студенты, является расчёт электрических полей установок ВН и элементов их конструкций. В качестве простого примера здесь показаны результаты расчёта ЭП в системе электродов «токоведущая круглая шина над проводящей плоскостью».

Шина – это проводник радиусом R (см. рис. 3). Он ограничен цилиндрической поверхностью S , чья ось вращения параллельна проводящей плоскости и находится на высоте $H > R$ над ней. Плоскость заземлена, разность потенциалов между ней и цилиндром равна U . Длина цилиндра $L \gg H$.

Расчёт ЭП выполнен методом эквивалентных зарядов [6], который основан на замене реального электрического поля эквивалентным ему, созданным фиктивным распределением заряда $\sigma(S')$ по поверхности S' , помещённой внутри проводника.

Неизвестное распределение $\sigma(S')$ определяется из решения интегрального уравнения

$$\oint_{S'} \frac{\sigma(S') dS'}{4\pi\epsilon_0 r_{AB}} = U, \quad (6)$$

где A и B – произвольные точки поверхностей S' и S соответственно. После вычисления $\sigma(S')$ из (6) скалярный потенциал ϕ ЭП и вектор его напряжённости \mathbf{E} определяются методом наложения [6].

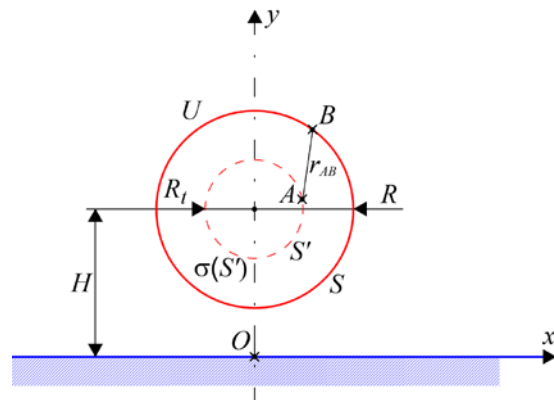


Рис. 3. К расчёту электрического поля в системе «токоведущая шина круглого сечения над проводящей плоскостью» методом эквивалентных зарядов.

В рассматриваемом примере в силу особенностей его геометрии и в соответствии с рекомендациями [6] принято, что поверхность S' – это цилиндр радиусом $R_t < R$, соосный с S . Распределение $\sigma(S')$ представляет собой систему $N_{ЭЗ}$ бесконечных равномерно заряженных осей, которые параллельны друг другу и общей оси вращения поверхностей S и S' и равномерно размещены по S' .

На рис. 4 и в табл. 2 приведён пример результатов расчёта при $H=0,1$ м, $R=0,05$ м, $U=1000$ В, $R_t=0,9R$. Рис. 4 иллюстрирует распределение напряжённости ЭП по поверхности шины при $N_{ЭЗ}=101$. Табл. 2 характеризует зависимость максимальной напряжённости E_{\max} ЭП и времени счёта $t_{сч}$ реализующей ЭВМ от числа $N_{ЭЗ}$ ЭЗ, замеща-

ющих реальное распределение заряда по поверхности шины. Применён тот же компьютер, что в разделе 2.1.

В табл. 2 также приведены значения расхождения δE_{\max} между значениями E_{\max} , полученными при двух последовательных величинах $N_{\text{ЭЗ}}$:

$$\delta E_{\max}(N_{\text{ЭЗ}}) = |E_{\max}(N_{\text{ЭЗ}}) - E_{\max}(0,5N_{\text{ЭЗ}})| / E_{\max}(N_{\text{ЭЗ}}).$$

Легко видеть, что $\delta E_{\max} < 0,005$ уже при $N_{\text{ЭЗ}}=101$, чего вполне достаточно в большинстве инженерных расчётов.

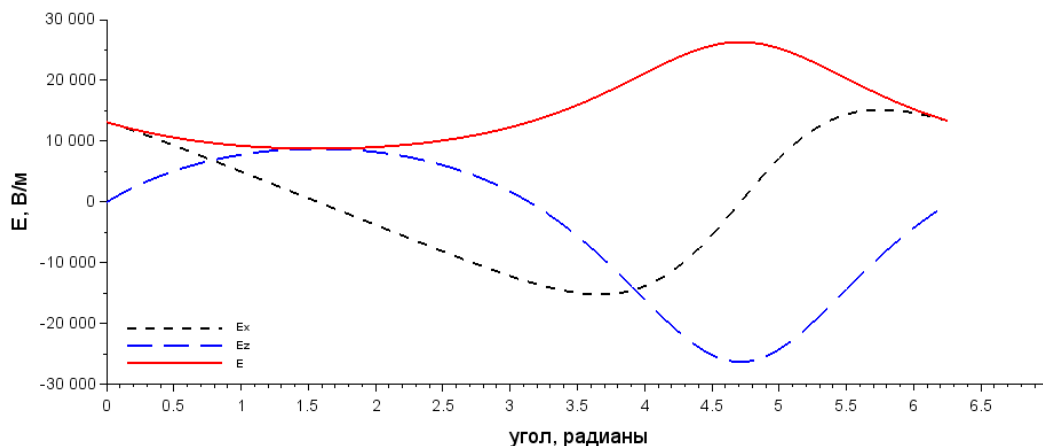


Рис. 4. Распределения модуля E вектора напряжённости электрического поля и его проекций E_x на координатную ось Ox и E_y на ось Oy по поверхности токоведущей шины круглого сечения (см. рис. 3); угол, определяющий положение расчётной точки, отсчитывается от положительного направления горизонтальной оси Ox .

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведённые в докладе данные говорят о том, что свободно распространяемое программное обеспечение для инженерных и научных расчётов Scilab позволяет получить численное решение физико-математических задач за умеренное время, вполне приемлемое для выполнения расчётных заданий, курсовых проектов и работ и т.п., по меньшей мере в двух областях:

- расчёт переходных процессов в электрических линиях с распределёнными параметрами;
- расчёт электрических полей установок высокого напряжения.

СПИСОК ОБОЗНАЧЕНИЙ

- $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – электрическая постоянная;
- $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная;
- x, y – пространственные координаты по осям Ox и Oy соответственно, м;
- t – время, с;
- U – электрическое напряжение, В;
- C_0 – удельная ёмкость фазных проводов ЛЭП, Ф/м;
- L_0 – удельная индуктивность фазных проводов ЛЭП, Гн/м;
- v_0 – скорость распространения волны напряжения вдоль ЛЭП, м/с;
- E – в разделе 2.1 – ЭДС, В; в разделе 2.2 – напряжённость электрического поля, В/м;

Таблица 2. Зависимость затрат времени реализующей ЭВМ от числа $N_{\text{ЭЗ}}$ эквивалентных зарядов

$N_{\text{ЭЗ}}$	25	51	101	201
$t_{\text{сч}}, \text{с}$	0,3019	1,435	1,580	5,741
$E_{\max}, \text{В/м}$	28280,8	26418,8	26301,3	26303,0
$\delta E_{\max}, \text{о.е.}$	–	0,0705	0,00449	$6,46 \cdot 10^{-5}$

Время решения задачи же при этом составляет $t_{\text{сч}} \approx 1,58$ с, увеличиваясь до $t_{\text{сч}} \approx 5,74$ с при $N_{\text{ЭЗ}}=201$. Такие затраты машинного времени вполне приемлемы для вычислений в учебном процессе.

N – количество узлов конечно-разностной сетки (в разделе 2.1) или эквивалентных зарядов (в разделе 2.2).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексеев Е.Р., Чеснокова О.В., Рудченко Е.А. Scilab. Решение инженерных и математических задач. – М.: АЛТ Linux. БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. 260 с.
- Базуткин В.В., Ларионов В.П., Пинталь Ю.С. Техника и электрофизика высоких напряжений: Изоляция и перенапряжения в электрических системах: Учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986. 464 с.
- Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учебник для бакалавров. 12-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2016. 701 с.
- Калиткин Н.Н. Численные методы: Учебное пособие для вузов. – М.: Издательство «Наука», 1978. 512 с.
- Калантаров П.Л., Цейтлин Л.А. Расчёт индуктивностей: справочная книга. 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1986. 488 с.
- Белогловский А.А., Пашинин И.В. Методы расчета электрических полей в примерах и задачах: учебное пособие. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. 84 с.
- Белогловский А.А., Артамонова Т.В. О решении систем линейных уравнений при расчете электрических полей методом эквивалентных зарядов // Материалы: XXVI Международная конференция «Электромагнитное поле и материалы (фундаментальные физические исследования)». – М.: ИНФРА-М, 2018. С. 305-316.

УЧЕБНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КАДАСТР»

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются общие вопросы разработки программного комплекса «Ветроэнергетический кадастр» для автоматизации ветроэнергетических расчетов, на базе которых проходят все стадии проектирования ветроэлектрических установок. Описаны базы данных комплекса, перечень задач и принятые допущения. Дана информация о программной реализации, планах дальнейшего совершенствования и использования в учебном процессе.

Ключевые слова – скорость ветра, энергетическая характеристика, ветроэнергетический расчет, ветроэлектрическая установка, ветроэлектрическая станция, ветроэнергетический кадастр, коэффициент корреляции

1. ВВЕДЕНИЕ

Проектирование ветроэлектрических установок (ВЭУ) и ветроэлектрических станций (ВЭС) на разных этапах проектирования проводится на основе ветроэнергетических расчетов (ВЭР). Причем на разных этапах проектирования требуются знания о разных характеристиках ветра. Все основные характеристики ветра в соответствии с РД52.04.275-89 [1] делят на три основные группы, каждая из которых имеет свое назначение. К первой относятся общие климатические характеристики, необходимые для оценки теоретического (или валового) ветроэнергетического потенциала. Ко второй части относятся специализированные климатические характеристики, с помощью которых можно выбрать оптимальные режимы работы ВЭУ, т.е. характеристики для оценки технических ветроэнергетических ресурсов. К третьей части климатической информации относятся характеристики для расчета конструкций ВЭУ на прочность и устойчивость (воздействия ветра).

В данном программном комплексе реализовано определение климатических характеристик ветра первого и второго типа по данным метеонаблюдений на наземных метеостанциях (МС), аэропортах, ветроизмерительных комплексах (ВИК).

Достоверность полученных результатов основывается в первую очередь на достоверности исходной информации по ветровым ресурсам, которая может быть получена из различных информационных источников (баз данных (БД)). Указанные выше расчеты предполагают

выполнение большого объема рутинных вычислений и обработку значительного объема разнородных данных. И, если эти расчеты выполнять вручную, то, естественно, ухудшаются временные и стоимостные показатели качества проектирования.

Для устранения этих проблем сегодня получили распространение различные средства компьютеризации, информационные системы и системы автоматизации проектирования. В области проектирования ВЭУ и ВЭС имеется широко известный программный комплекс Winpro [2], включающий в себя широкий спектр решаемых задач, в том числе и реализованные в данном комплексе. Но при этом программа Winpro не доступна для широкого использования в учебном процессе, так как имеет приличную стоимость и трудность освоения. Поэтому была поставлена задача создания компактного и достаточно автономного программного комплекса для автоматизации основных ветроэнергетических расчетов по данным из доступных информационных источников.

При создании комплекса были учтены следующие требования:

- простота и интуитивность в работе, наглядность пользовательского интерфейса;
- возможность автоматического получения исходных данных из открытых источников и введения данных, полученных пользователем самостоятельно из других источников;
- наличие процедур, как ручного, так и автоматического ввода различных условий расчета, ограничений и параметров;
- формирование результатов расчетов, доступных и удобных для дальнейших расчетов;
- простота реализации и дальнейшей поддержки разработанного программного обеспечения;
- возможность расширения решаемых задач.

Основной задачей работы программного комплекса является: расчет ветроэнергетического кадастра в выбранной точке, а также коррекция и восстановление ряда наблюдений с заданным интервалом представления данных.

2. МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КАДАСТР»

В состав программного комплекса «Ветроэнергетический кадастр» входят следующие задачи:

- Извлечение данных из информационного источника;
- Коррекция ряда наблюдений (удаление повторов и ошибочных данных);

- Моделирование ряда наблюдений до заданного интервала времени Δt ;
- Восстановление пропущенных данных в ряду наблюдений методом корреляционного предсказания;
- Расчет ветроэнергетического кадастра;
- Выбор расчетного (характерного) года.

Укрупненная структурная схема программного комплекса «Ветроэнергетический кадастр», отображающая связи между основными задачами, а также необходимые базы данных (БД) для работы отдельных задач представлена на рис. 1.

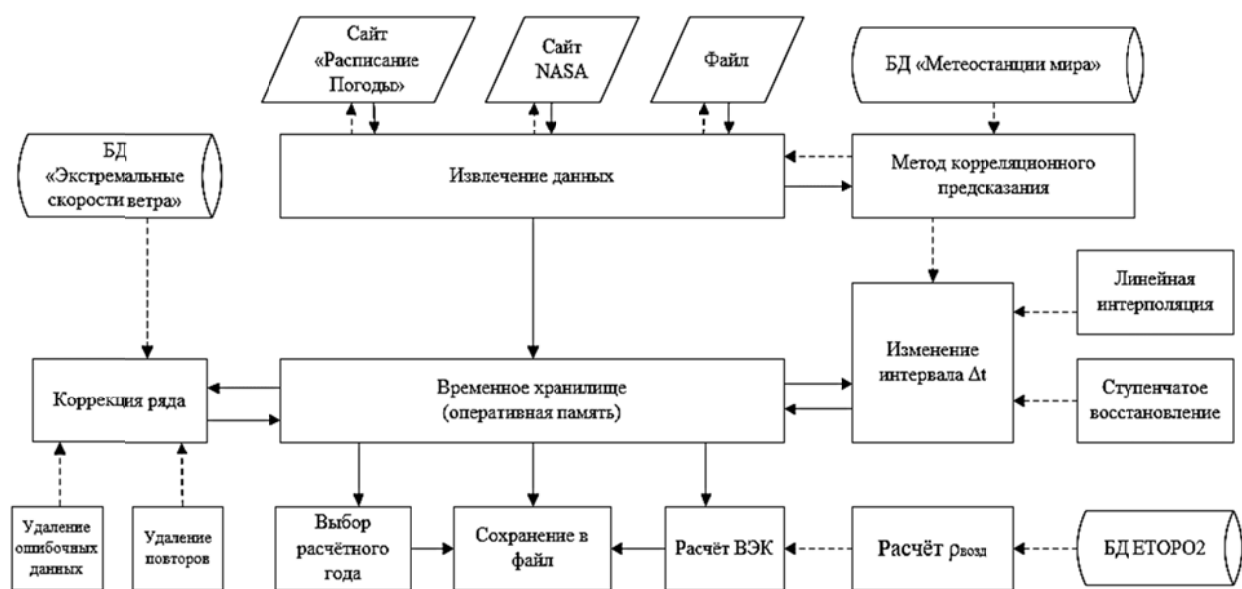


Рис. 1. Укрупненная структурная схема программного комплекса «Ветроэнергетический кадастр»

2.1. Извлечение данных из информационного источника

Ряды наблюдений за скоростью и направлениями ветра, и другими климатическими данными, такими как температура, атмосферное давление и даже иногда описание облачности, являются основой для расчета ветроэнергетического кадастра (ВЭК) и в дальнейшем используются для оценки выработки электроэнергии ВЭС. Получение этих данных возможно из различных информационных источников. В настоящее время в программном комплексе реализовано получение данных с двух доступных любому пользователю удаление ошибочных данных.

Ошибки возникают по самым разным причинам, их выявление и исправление всегда было неотъемлемой частью работы с данными на всех стадиях их получения и обработки. Для проверки ошибочных значений скорости в качестве верхнего предела (максимально возможного значения) принимается максимально возможная скорость ветра за 50 лет по данным [5], на базе которых авторами была разработана БД «Экстремальные

глобальных сайтов «Расписание погоды» [3] и «NASA» [4] из любого предварительно созданного пользователем файла, а также предусмотрена возможность подключения других БД.

2.2. Коррекция ряда наблюдений

Неотъемлемыми свойствами полученных рядов наблюдений с сайтов (из БД) являются пропуски, ошибки, инверсия наблюдений, сдвиг сроков, изменение времени наблюдений, форматов хранения и способов кодирования. В перечень решаемых задач «Коррекция ряда наблюдений» входит: анализ состава данных для выявления повторов и их удаления, выявление и

скорости ветра» с учетом возможности ее пополнения при поступлении (или изменении) новых данных. Кроме этой БД предусмотрена возможность ввода требуемых ограничений (параметров) для проверки рядов вручную.

2.3. Моделирование ряда наблюдений из БД «Расписание Погоды» для заданного интервала времени

Также на разных сайтах (и БД) отличается интервал представления данных Δt . Данные, которые могут быть извлечены из архивов метеонаблюдений с сайта «Расписание Погоды», представлены через равные промежутки времени Δt (на метеостанциях $\Delta t = 1, 3, 4, 6$ и даже иногда 8 часов, а на метеостанциях аэропортов – от 10 до 30 минут). На сайте «NASA» представлены среднесуточные данные.

В зависимости от решаемой задачи интервал представления других исходных данных $\Delta t'$ может не совпадать с интервалом представления данных Δt исходного ряда. В этом случае возникает необходимость моделирования исходного ряда с требуемым интервалом времени $\Delta t'$. Причем интервал $\Delta t'$ может быть как больше, так и меньше интервала представления данных Δt . В качестве примера можно привести задачу баланса мощности ветро-дизельного комплекса (ВДЭК), где в качестве исходных данных задается годовой график нагрузки потребителя в виде среднечасовых значений и возникает необходимость определения среднечасовых нагрузок ВЭС и ДЭС. В этом случае извлеченный с сайта «Расписание Погоды» ряд скорости ветра с интервалом Δt необходимо моделировать с шагом $\Delta t' = 1$ час.

В работе моделирование исходного ряда значений скорости ветра для заданного пользователем интервала времени $\Delta t'$ осуществляется двумя способами: либо скорости ветра внутри расчетного интервала времени Δt принимаются постоянными (ступенчатая зависимость), либо линейно интерполируются между значениями на начало и конец рассматриваемого интервала времени Δt . Данные методы также применяются для восстановления ошибочных или пропущенных данных, если удалено или пропущено не более одного значения между смежными наблюдениями.

2.4. Расчёт ветроэнергетического кадастра (ВЭК)

В состав параметров ВЭК, рассчитанных за разные периоды времени (многолетний, годовой, месячный, суточный), в данной работе входят следующие: средняя скорость ветра; коэффициент вариации скорости ветра; максимальная скорость ветра; удельная мощность и удельная энергия ветра; вариация скорости ветра за период времени; повторяемости скорости и направлений ветра; параметры теоретической повторяемости скорости ветра по распределению Вейбулла. В зависимости от вида исходных данных (в виде ряда наблюдений или повторяемости) расчет проводится по общеизвестным формулам [6]. Результаты расчета ВЭК в рассматриваемой точке за разные периоды времени (сутки, месяц, год, несколько лет) сохраняются в файл.

Расчет удельной мощности ветра проводится: либо для стандартных условий при плотности воздуха $\rho = 1,226 \text{ кг/м}^3$ (среднегоголетняя

температура $t = 15^\circ\text{C}$ и атмосферное давление $P = 760$ мм. рт. ст.); либо для фактических условий, в этом случае плотность воздуха рассчитывается в зависимости от температуры и высоты над уровнем моря [6].

2.5. Выбор расчётного года

Под расчетным (или характерным годом) понимается год, ветровые характеристики которого наиболее соответствуют характеристикам среднегоголетнего года. Выбор расчетного года проводится из ряда наблюдений с полнотой ряда не менее 95% и продолжительностью не менее 5 лет. В качестве основного критерия рассматривается минимальное отклонение среднегодовой скорости ветра от среднегоголетней. В случае равнозначности нескольких вариантов по основному критерию проводится уточнение выбора года по критерию минимального среднеквадратичного отклонения годовой вариации среднемесячной скорости ветра от среднегоголетней (или отклонения годовой повторяемости скорости от среднегоголетней) Методика выбора расчетного года была разработана авторами и представлена в [6].

2.6. Восстановление пропущенных данных

Для восстановления пропущенных данных в ряду наблюдений для рассматриваемой МС (V_i^{MC}) используются статистические методы оценки ветровых ресурсов, т.е. информация по скорости ветра на соседних МС (V_i^{CMC}) для восстановления данных на рассматриваемой площадке МС (аэропорта, ВИК). Если на соседней МС (в дальнейшем используем обозначение СМС) к рассматриваемой МС имеются данные в те же моменты времени, когда они отсутствуют на рассматриваемой МС, и между ними имеется аналитическая зависимость $V_i^{MC} = f(V_i^{CMC})$, то можно произвести восстановление данных рассматриваемой МС (\tilde{V}_i^{MC}) по данным СМС (V_i^{CMC}). В основном этот метод базируется на методе "корреляционного" предсказания (МКП) [6]. Получение аналитической зависимости $V_i^{MC} = f(V_i^{CMC})$ реализовано для однородных рядов наблюдений на МС и СМС, что реализует задача «Моделирование данных с заданным интервалом времени Δt » (п. 2.3).

Выбор соседних МС осуществляется из числа ближайших метеостанций в заданном радиусе пользователем к точке расположения рассматриваемой МС, включенных в разработанную авторами БД «Метеостанции мира», где представлена информация по всем МС с сайта «Расписание Погоды».

Для всех выбранных СМС далее происходит извлечение данных с сайта «Расписание Погоды» (или из заданного пользователем файла) и выявление тех СМС, где есть в наличии данные в рядах наблюдений для периодов времени, когда их требуется восстанавливать на МС. В любом случае, данные по СМС должны включать в себя все

пропущенные данные на рассматриваемой площадке по всем скоростям и направлениям ветра. Далее проводится проверка наличия (или отсутствия) корреляционной зависимости между значениями скорости ветра на площадках рассматриваемой МС и СМС в виде коэффициента корреляции R . Окончательно для восстановления данных рассматриваемой МС выбирается СМС по совокупному критерию: наименьшее расстояние между МС и СМС; наибольший коэффициент корреляции R .

В дальнейшем планируется использовать МКП для восстановления данных на разных высотах измерений ВИК, где восстановление будет производиться на одной из высот по данным на другой высоте ВИК, где есть полная информация. Также этот метод можно применять для прогнозирования скорости ветра.

3. ОПИСАНИЕ РАБОТЫ С ПРОГРАММНЫМ КОМПЛЕКСОМ «ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КАДАСТР»

Главное окно программного комплекса «Ветроэнергетический кадастр» представлено на рис. 2.

Дата наблюдения	Направление	Румб	Скорость, м/с	Температура	Влажность
03.02.2005 00:00	45,00	СВ	4,0	0,6	90,0
03.02.2005 03:00	90,00	В	8,0	1,0	83,0
03.02.2005 06:00	0,00	С	8,0	не число	не число
03.02.2005 09:00	90,00	В	14,0	0,3	90,0
03.02.2005 12:00	67,50	СВВ	12,0	0,5	85,0
03.02.2005 15:00	45,00	СВ	13,0	0,0	92,0
03.02.2005 18:00	45,00	СВ	14,0	не число	не число
03.02.2005 21:00	45,00	СВ	13,0	-0,5	92,0
04.02.2005 00:00	45,00	СВ	11,0	-1,1	81,0
04.02.2005 03:00	45,00	СВ	16,0	-1,4	99,0
04.02.2005 06:00	22,50	ССВ	15,0	-1,2	96,0
04.02.2005 09:00	45,00	СВ	12,0	-1,2	96,0
04.02.2005 12:00	67,50	СВВ	12,0	0,0	100,0
04.02.2005 15:00	67,50	СВВ	13,0	-0,2	100,0
04.02.2005 18:00	45,00	СВ	10,0	-0,2	100,0
04.02.2005 21:00	45,00	СВ	8,0	0,1	96,0
05.02.2005 00:00	45,00	СВ	8,0	0,0	94,0
05.02.2005 03:00	67,50	СВВ	11,0	-0,6	97,0
05.02.2005 06:00	45,00	СВ	15,0	-1,1	97,0
05.02.2005 09:00	45,00	СВ	16,0	-1,7	94,0

Рис.2. Главное окно программного комплекса

На нем расположено:

- 1) Главное меню: вкладки «Файл», «Правка», «Операции», «Помощь»;
- 2) Панель инструментов;
- 3) Список открытых документов;
- 4) Область текущего открытого документа;
- 5) Строка состояния и общие данные об открытом ряде.

Вкладка «Файл» предназначена для извлечения (скачивания) данных с указанного сайта «Расписание Погоды» или «NASA», а также из предварительно созданного файла, в котором находится требуемая информация. Организация поиска исходных данных на разных сайтах отличается: на сайте «Расписание Погоды» осуществляется по названию населенного пункта (метеостанции, аэропорта), а на сайте «NASA» по

географическим координатам точки на карте (тип отображаемой карты изменяется в Настройках). После выбора названия или точки становится доступна область выбора диапазона дат загружаемых данных. По окончании загрузки скачанный ряд данных открывается в новой вкладке в Главном окне в виде таблицы (рис. 2).

Перед началом работы программы необходимо ознакомиться с настройками программы по умолчанию и, в случае необходимости, их изменить. Для этого в Главном меню выбираем «Операции» → «Настройки». Окно с Настройками имеет три вкладки: «Основные», «Расчеты» и «Градации».

Вкладка «Правка» предназначена для коррекции ряда наблюдений; моделирования ряда наблюдений для заданного интервала времени Δt и восстановления пропущенных данных в ряду наблюдений. Коррекция ряда наблюдений производится при ограничениях: либо по умолчанию автоматический поиск ограничений (БД «Экстремальные скорости ветра»); либо заданных пользователем - ограничения скорости и направления ветра.

Ряд можно моделировать до заданного пользователем интервала наблюдений. Моделирование ряда рекомендуется проводить после коррекции ряда наблюдений, так как возможные повторы дат в наблюдениях приведут к ошибкам во время моделирования. В окне «Моделирование ряда» пользователь должен выбрать или указать: интервал времени, до которого моделируется ряд; метод восстановления: ступенчатая или линейная интерполяция. Если указан интервал больший, чем у текущего ряда, то избыточные данные будут удалены. Если указан интервал меньший, чем у текущего ряда, то недостающие значения будут добавлены.

Если для восстановления ряда выбран источник «По точке на карте», то на основе данных из БД «Метеостанции мира» производится выбор метеостанций, удовлетворяющих следующим условиям: расстояние от исходной метеостанции не больше, чем расстояние, указанное в Настройках; для СМС есть наблюдения за период наблюдений исходного ряда на МС; коэффициент корреляции рядов на исходной МС и СМС не меньше, чем заданный в Настройках минимальный коэффициент корреляции. Для этого загружается ряд наблюдений СМС с сайта «Расписание Погоды» [3]. Из полученного списка метеостанций выбирается метеостанция, для которой коэффициент корреляции наибольший, и её ряд наблюдений принимается в качестве расчетного ряда СМС. В случае, если указанные условия не выполняются ни для одной МС в БД «Метеостанции мира», то выводится сообщение, где указываются значения настроек, которые могут мешать восстановлению данных.

Возможно производить восстановление пропущенных данных одновременно с

моделированием ряда до заданного интервала времени. Восстановление пропущенных данных на рассматриваемой МС производится методом линейной корреляции с данными ближайшей метеостанции, либо данными, которыми располагает пользователь.

Вкладка «Операции» предназначена для расчета ветроэнергетического кадастра и выбора расчетного года. Рассчитываются характеристики ветра за весь период наблюдений, и по желанию пользователя сохраняются в файл. Также предусмотрен вывод результатов на экран в графическом виде за период, выбранный пользователем (рис. 4). Расчет повторяемости скорости ветра реализован для четырех вариантов диапазонов градаций скорости ветра: по ГГО им. Воейкова (по умолчанию); по NASA; соответствующие шкале Бофорта; пользовательские настройки – градации с одинаковым шагом, как это реализовано в программе Winpro. Нужный вариант задается пользователем в группа настроек «Градации».

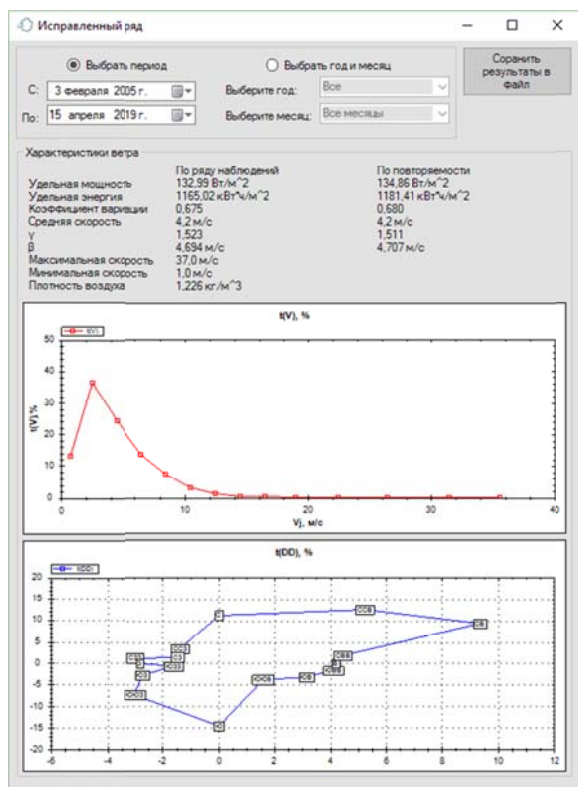


Рис. 4 Окно с результатами «Расчет энергетических характеристик»

Если при выборе расчетного года не хватает данных в исходном ряду, то будет выведено соответствующее сообщение.

Кнопка «Сохранить результаты в файл» используется для сохранения результатов поиска расчётного года в файл. После успешного сохранения файл откроется в редакторе Excel.

4. ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ И ВНЕДРЕНИЕ КОМПЛЕКСА

Программный комплекс «Ветроэнергетический кадастр» разработан на языке C#. Основные источники данных находятся в сети Интернет, поэтому для полноценной работы программы требуется подключение к сети. Запуск программы осуществляется выбором файла WindEnergy.exe.

Программа распространяется по лицензии GNU v2.1, исходный код доступен на GitHub [15].

4.1 Сторонние библиотеки

Для ускорения разработки и повышения надежности используются сторонние библиотеки и сервисы:

- Для получения адресов хранения информации по заданным координатам используется геокодер ArcGis [9];
- При выборе точки на земной поверхности используется библиотека с открытым исходным кодом GMap.Net C# [10];
- Для взаимодействия с сайтом «NASA» и некоторыми другими сервисами используется формат передачи данных JSON. Работа с форматом происходит с помощью библиотеки Newtonsoft.JSON с открытым исходным кодом, доступной по лицензии MIT [11];
- Получение дополнительных данных с сайта «Расписание погоды» происходит в формате HTML. Для работы с ними используется библиотека HTMLAgilityPack, доступная по лицензии MIT [12]. Так же, для упрощения работы с HTML-страницами сайтов применяется надстройка Fizzler [16], распространяемая по лицензии GPL-3.0;
- Для взаимодействия с базой данных ETOPO2 используется свободно распространяемая библиотека System.Data.SQLite [8];
- Представление в графическом виде повторяемости скорости и направлений ветра происходит с помощью библиотеки ZedGraph, доступной по лицензии GNU v2.1 [14].

4.2 Структура разработанных БД

Для обеспечения работы программного комплекса были разработаны БД «Метеостанции мира» (на основе данных сайта Расписание погоды), «Экстремальные скорости ветра» (на основе открытых данных МЧС). Разработанные базы данных хранятся в текстовых файлах (каждая строчка – новый элемент). При первом обращении к БД соответствующий файл загружается в оперативную память и дальнейшие запросы не требуют обращений к жесткому диску. Таким образом достигается максимальная производительность, так как при коррекции рядов идет большое число запросов к БД. Помимо оптимизации скорости работы программного комплекса, данная структура была выбрана исходя из небольших размеров данных (каждая БД занимает на диске не более 10 МБ), для упрощения

разработки и для организации возможности добавления новых данных в любым пользователям.

База данных высот ETOPO2, опубликованная на сайте NASA в виде бинарных файлов [17], имеет очень большой объем для полной загрузки в оперативную память (общий размер около 600 МБ). Но из-за особенностей бинарного формата нет возможности частичного чтения файла с диска. Поэтому, для уменьшения размера БД и получения всех преимуществ встраиваемых СУБД, исходные бинарные файлы ETOPO2 были преобразованы для работы в формат SQLite3. Таким образом увеличилась производительность при одиночных запросах к БД.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рабочая версия комплекса используется студентами направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» и 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» при выполнении НИР, курсового проектирования, выпускных квалификационных работ. В перспективе планируется дополнение программного комплекса до полноценной программы, позволяющей моделировать обработанные ряды наблюдений на МС в точку расположения площадки ВЭС с учетом различия рельефа и открытости площадок ВЭС и МС. Дополнительно возможна частичная интеграция программного комплекса с сайтом НИУ МЭИ для обеспечения доступа студентов к рядам наблюдения и первичной обработке загруженных данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **РД52.04.275-89** Методические указания. Проведение изыскательских работ по оценке ветроэнергетических ресурсов для обоснования схем размещения и проектирования ветроэнергетических установок.
2. **WindProMeteo** Data Export ver. 5 [Официальный сайт] <https://www.emd.dk/windpro/windpro-modules/energy-modules/meteo/> (дата обращения 02.10.2019).
3. **Метеорологический сайт «Расписание Погоды»** [Официальный сайт] <http://www.rp5.ru/> (дата обращения 05.10.2019).
4. **Метеорологический сайт «NASA»** [Официальный сайт] <https://power.larc.nasa.gov/> (дата обращения 07.10.2019).
5. **ВНИИ ГОЧС** Министерство российской федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. М., 1994.
6. **А. Г. Васьков, Г. В. Дерюгина**, Ветроэнергетика. Учебное пособие М. 2016 г.
7. **Теорема** гаверсинусов. [Электронный ресурс] <http://wiki.gis-lab.info> (дата обращения 07.05.2019).
8. **Библиотека** System.Data.SQLite [Электронный ресурс] <http://system.data.sqlite.org/index.html/doc/trunk/www/index.wiki> (дата обращения 07.10.2019).
9. **Геокодер** ArcGis. [Электронный ресурс] <https://www.arcgis.com> (дата обращения 07.10.2019).
10. **Библиотека** GMap.Net C#. [Электронный ресурс] <https://github.com/judero01col/GMap.NET> (дата обращения 07.10.2019).
11. **Библиотека** Newtonsoft.JSON [Электронный ресурс] <https://www.newtonsoft.com/json> (дата обращения 07.10.2019).
12. **Библиотека** HTMLAgilityPack [Электронный ресурс] <https://html-agility-pack.net> (дата обращения 07.10.2019).
13. **Библиотека** System.Data.SQLite [Электронный ресурс] <http://system.data.sqlite.org/index.html/doc/trunk/www/index.wiki> (дата обращения 07.10.2019)..
14. **Библиотека** ZedGraph [Электронный ресурс] <https://sourceforge.net/projects/zedgraph/> (дата обращения 07.10.2019).
15. **Репозиторий** программного комплекса на GitHub. [Электронный ресурс] <https://github.com/vasichmen/WindEnergy> (дата обращения 07.10.2019).
16. **Надстройку** над HtmlAgilityPack – Fizzler [Электронный ресурс] <https://github.com/atifaziz/Fizzler> (дата обращения 07.10.2019).
17. **База** данных высот ETOPO2 [Электронный ресурс] <https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/relief/ETOPO2/>

ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ BIG DATA И ХРАНИЛИЩ ДАННЫХ

АННОТАЦИЯ

В ходе исследования планируется провести сравнительный анализ технологий хранилища данных и Big Data. Для того, чтобы рассмотреть архитектурные модели, необходимо выполнить обзор методологий, которые используются для разработки хранилищ данных и Big Data. Исходя из полученных результатов, будет описана возможность объединения двух технологий в рамках прототипа многоуровневой ступенчатой модели архитектуры Big Data.

Ключевые слова – хранилище данных, Big Data, база данных

1. ВВЕДЕНИЕ

Последнее время наблюдается большой интерес к технологиям класса BIG DATA. Это связано с постоянным ростом данных, которыми приходится оперировать крупным компаниям. Накопленная информация - это важный актив для многих организаций. Поэтому актуальность данной темы обусловлена сложностью и дороговизной обработки и извлечения пользы из этих накопленных данных. На рис.1 можно наблюдать рост популярности запроса «Big Data» в поисковой системе Google.

В первую очередь, под терминами "Big Data" подразумевается огромный набор информации. Объем ее столь велик, что обработка больших объемов данных стандартными программными и аппаратными средствами представляется крайне сложной. Другими словами, Big Data – это проблема хранения и обработки гигантских объемов данных.

Термин "биг дата" характеризуется следующими признаками:

Volume – объем данных,

Velocity – необходимость обрабатывать информацию с большой скоростью,

Variety – многообразие и часто недостаточную структурированность данных.

Таким образом, когда речь идет о big data, то это связано с тремя аспектами: большим объемом информации, ее разнообразием или необходимостью обрабатывать данные очень быстро. Однако под

этим термином часто понимают совершенно конкретный набор подходов и технологий, призванных решить данные задачи. В основе одного из таких подходов лежит система распределенных вычислений, где обработка больших объемов данных требует для себя не одну высокопроизводительную машину, а целую группу таких машин, объединенных в кластер.

Технологию «Больших данных» следует рассмотреть совместно с технологией хранилищ данных. При рассмотрении основных технологических особенностей можно наблюдать как различия, так и области конвергенции. Даже при существовании различий обе технологии должны быть интегрированы, так как они нацелены на выполнение одной цели – поиск данных и поддержка принятия решений.

В настоящее время объем данных, необходимый для обработки внутри предприятий, может достигать эксабайта. Это создает проблемы хранения и обработки, требующие новых технологических решений, которые позволяют не только хранить, но и обновлять, эффективно эксплуатировать и учитывать требования к данным. Объем анализируемой информации может не позволить использовать традиционную базу данных, о чем свидетельствует сравнительная таблица 1.

Также проблемой интеграции технологии Больших данных и хранилищ данных является процесс хранения и анализа различных типов данных и источников данных.

В ходе исследования планируется:

- 1) сравнить технологии;
- 2) произвести обзор методологий, используемых для разработки хранилищ данных и Больших данных;
- 3) рассмотреть архитектурные модели с точки зрения различных источников, процессов ETL, хранения и обработки;
- 4) создать прототип многоуровневой ступенчатой модели архитектуры Больших данных.

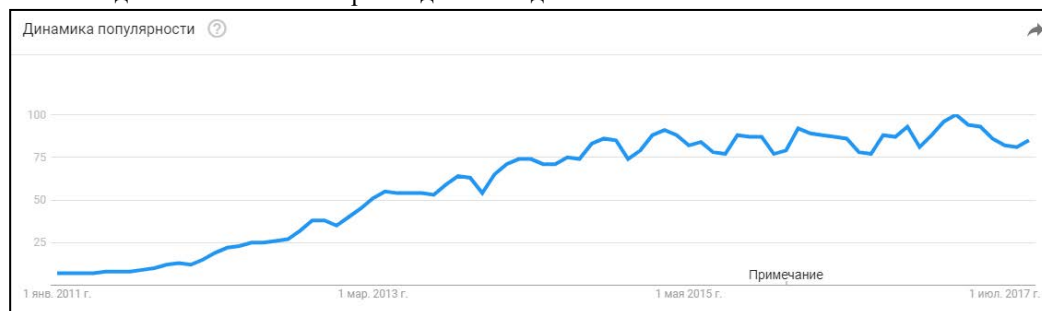


Рис. 1. Рост популярности запроса «Big Data» в поисковой системе Google

Таблица 1. Сравнение традиционной базы данных и Big Data.

Характеристика	Традиционная БД	База Больших Данных
Объем информации	От гигабайт(109 байт) до терабайт (1012 байт)	От петабайт(1015 байт) до эксабайт (1018 байт)
Способ хранения	Централизованный	Децентрализованный
Структурированность данных	Структурирована	Полуструктурирована и неструктурирована
Модель хранения и обработки данных	Вертикальная модель	Горизонтальная модель
Взаимосвязь данных	Сильная	Слабая

2. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ

Если рассмотреть продукты, уже находящиеся на рынке, стоит упомянуть следующее. Oracle реализует глобальное предложение, включающее как структурированные, так и неструктурированные данные, и определяет различные области хранения, где жизненный цикл данных выполняется аналогично тому, как это предложили Inmon и Kimball. Предложение опирается на набор инструментов, которые позволяют собирать, организовывать, анализировать и визуализировать данные.

SAP Data Warehousing предлагает решение, которое объединяет функции Big Data и ХД в режиме реального времени, позволяя анализировать и идентифицировать шаблоны в сложных структурах как структурированных, так и неструктурированных данных. SAP поддерживает процессы ETL в инструменте SAP NetWeaver, который позволяет интегрировать данные из разных источников.

Pentaho как свободная программная платформа включает в себя компонент, который позволяет выполнять типичные процессы ETL для ХД, и через Nadoop поддерживает ETL для Big Data.

Упомянутые решения учитывают жизненный цикл данных, но больше ориентированы на обработку технологий, чем на интеграционные архитектуры и саму методологию.

3. ОБЗОР МЕТОДОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ХРАНИЛИЩ ДАННЫХ И БОЛЬШИХ ДАННЫХ

С точки зрения логической архитектуры, хранилища данных (ХД) и большие данные (Big Data) состоят из одинаковых компонентов: источники данных; процессы извлечения, преобразования и загрузки (ETL); хранение, обработка и анализ.

3.1. Источники данных

Технологии 4GL (четвертое поколение языков программирования) облегчают разработку транзакционных приложений, которые позволяют использовать алгоритмы автоматизации для повторяющихся структурированных данных. Структурированные данные характеризуются тем, что они хорошо определены, предсказуемы и надежно обрабатываются сложной инфраструктурой.

Технологические разработки, оцифровка, устройства связи и социальные сети принесли не-

структурированную информацию в сферу деятельности предприятий. Это включает в себя информацию в цифровых документах, данные, поступающие с автономных устройств (датчиков, камер, сканеров), а также полуструктурированные данные с веб-сайтов, социальных сетей, электронных писем и т. д. Неструктурированные данные (Unstructured data, USD) не имеют предсказуемой информации и распознаваемой компьютером структуры, они могут быть разделены на повторяющиеся и неповторяющиеся данные. Неструктурированные повторяющиеся данные (Unstructured repetitive data, US-RD) - это данные, которые встречаются во многих случаях во времени, они могут иметь схожую структуру, обычно являются массивами и не всегда имеют ценность для анализа. Но образцы или части этих данных могут быть использованы. Из-за своей повторяющейся природы алгоритмы обработки допускают повторение и повторное использование. Типичным примером этой категории являются данные от датчиков, целью которых является анализ сигнала, для которого определены конкретные алгоритмы.

Неструктурированные неповторяющиеся данные (US-URD) имеют различные структуры данных, следовательно алгоритмы не могут использоваться повторно (а задача прогнозирования или описания их структуры уже является сложной). Обычно к этой категории относят текстовые элементы, но также к этой категории можно отнести изображения, видео и аудио. Традиционные ХД были созданы с целью интеграции структурированных данных, поступающих из транзакционных источников, и для учета временной (темпоральной) информации, которую можно анализировать с помощью технологии OLAP. С появлением новых типов данных следует адаптировать архитектуру и процессы ХД.

3.2. Процессы извлечения, преобразования и загрузки (ETL)

Построение хранилища данных требует процессов извлечения, преобразования и загрузки (ETL). При этом необходимо учитывать ряд проблем, связанных с качеством данных, например, дублированные данные, возможную несогласованность данных, ненужные данные, создание новых переменных с использованием преобразований и т. д. Это вызывает необходимость в конкретных процессах для извлечения достаточного количества необходимой информации из источников и реализации процессов для очистки, преобразования, агрегации, классификации и оценки задач. Все это, кроме использования

различных инструментов для различных процессов ETL, приводит к фрагментированным метаданным, противоречивым результатам, жестким моделям реляционных или многомерных данных и, таким образом, к отсутствию гибкости при проведении общего анализа и изменений.

3.3. Требования ETL к новым данным

В связи с необходимостью управления неструктурированными повторяющимися данными (US-RD) и неструктурированными неповторяющимися данными (US-URD), поступающими из различных источников (например, упомянутых ранее), предлагаются новые требования, среди которых можно выделить следующее:

- Управление экспоненциальным ростом данных.
ХД характеризуется использованием транзакционных баз данных организации в качестве основного источника. Несмотря на рост объема данных, этот процесс происходит в управляемом темпе. Новые ХД и Big Data предоставляют решения для управления сбором больших данных с помощью модели программирования MapReduce, которая позволяет распараллелить процесс для сбора частичных результатов; все это поддерживается в распределенной файловой системе, такой как Hadoop Distributed File System (HDFS).
- Частота поступления данных.
Традиционные ХД не сталкиваются с этой проблемой, поскольку они всегда ориентированы на данные, которые могут быть извлечены или загружены периодическим и запрограммированным способом. Поскольку Big Data были разработаны для получения всей поступающей информации в любой момент времени, они должны использовать любой необходимый объем памяти, хранилище и обработку.
- Долговечность, частота и возможность использования.

По статистике, последний сгенерированный набор данных будет использоваться чаще и в режиме реального времени. По мере того, как наборы данных устаревают, добавляются новые данные, поэтому частота использования может уменьшиться. Но старые данные нельзя исключать, потому что они всегда могут быть использованы для темпорального анализа.

- Интеграция данных.

В то время как традиционные ХД предназначались для интеграции данных в многомерную модель, появление неструктурированных повторяющихся данных (US-RD) породило проблемы, связанные с поиском адекватных способов группировки данных в контексте, независимо от типа данных. С неструктурированными неповторяющимися данными, в дополнение к идентификации контекста и структуры, может потребоваться алгоритм для каждого набора данных, который предотвращает повторное использование и увеличивает сложность. Интеграция неоднородных наборов данных может быть основным различием между ХД и Big Data. В

ХД основной целью интеграции является глобальное и единообразное видение организации, в то время как в Big Data интеграция не является конечной целью. Для Big Data некоторые неструктурированные наборы данных, не поддающиеся интеграции, должны храниться в необработанном формате, что допускает возможность дальнейшего использования, которое в настоящее время может быть непредвиденным.

Системы хранилищ данных традиционно поддерживались predeterminedными многомерными моделями («звезда» и «снежинка») для поддержки бизнес-аналитики (BI) и принятия решений. Эти модели обычно реализуются в реляционных базах данных (реляционная онлайн-аналитическая обработка ROLAP) и управляются с помощью языка структурированных запросов (SQL). Реже встречаются реализации по многомерным схемам (многомерная онлайн-аналитическая обработка MOLAP). Хотя традиционные ХД управляют большими объемами информации, их архитектура поддерживается на моделях клиент-сервер, которые можно масштабировать только по вертикали, что подразумевает огромные технологические и экономические усилия как для разработки, так и для обслуживания. Вопреки этому, Big Data и новое поколение ХД не имеют predeterminedных аналитических моделей и не полагаются на архитектуры клиент-сервер и должны поддерживать горизонтальное масштабирование. Ответом на новые потребности является использование обширной памяти, распараллеливание данных и обработка, которые так или иначе включены в базы данных Hadoop, MapReduce, NoSQL, хранение и обработка в памяти и технологии, дополняющие их.

4. МНОГОСЛОЙНАЯ АРХИТЕКТУРНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ BIG DATA

Предлагаемая модель состоит из трех уровней: а) загрузка данных; б) обработка и хранение данных; и в) анализ данных. В ней подробно рассматриваются характеристики различных типов данных в предлагаемых слоях и ступенчатый процесс управления жизненным циклом данных. Кроме того, требуются некоторые поперечные компоненты.

4.1. Загрузка данных

Этот уровень специализируется на хранении в соответствии с типом данных, будь то структурированные (SD), неструктурированные повторяющиеся данные (US-RD) или неструктурированные повторяющиеся данные (US-URD). SD подвержены предварительной обработке и хранению согласно структурам и стандартным алгоритмам, например, в реляционных базах данных. US-RD и US-URD должны храниться в сыром виде и без контекста, для этой цели можно использовать распределенные базы данных NoSql.

4.2. Обработка и хранение

SD агрегируются по заранее определенной модели. В то время как US-RD и US-URD требуют процесса категоризации и фильтрации для хранения в «Контекстуализированных данных», остальные останутся в области «Необработанных данных». В процессе поиска связей или шаблонов данные в области «Контекстуализированные данные» масштабируются до области «Связанные данные», но не удаляются из области «Контекстуализированные данные», так как они могут использоваться в будущем. «Связанные данные», которые уже обработаны и могут быть адаптированы к предопределенным структурам или полуструктурам, могут масштабироваться до области «Исследованные данные». Наконец, возможно, что некоторые из «Исследованных данных» могут быть интегрированы в область «Агрегированных данных» для анализа с использованием методов OLAP и бизнес-аналитики.

4.3. Анализ данных

Процесс размещения данных в разных областях хранения будет не только управлять жизненным циклом данных, но и возможностью доступа к принятию решений: в области «Контекстуализированные данные» находятся самые последние данные,

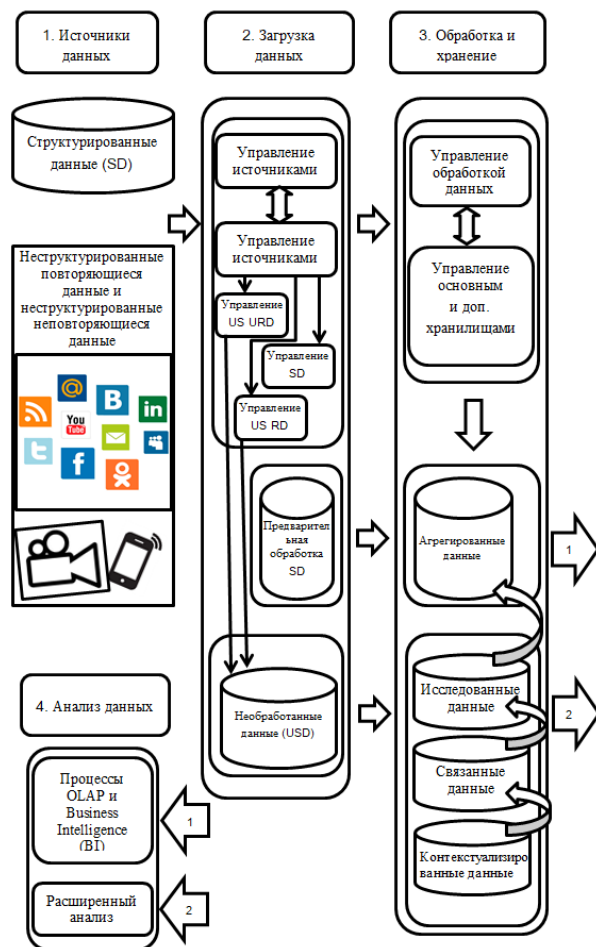


Рис. 2. Многослойная архитектурная модель для Big Data.

которые поддерживают немедленный анализ; в области «Связанные данные» находятся данные средней продолжительности жизни, которые уже были обработаны; в области «Исследованные данные» представлены исторические данные, которые поддерживают статистический анализ, а в области «Агрегированные данные» исторические данные расположены для поддержки анализа OLAP и бизнес-аналитики.

Предлагаемая архитектура специализируется на нескольких типах пользователей: бизнес-аналитики, которые являются конечными пользователями решений OLAP и Business Intelligence, будут работать с областью «Агрегированные данные»;

аналитики веб-данных и семантики, эксперты Data Mining и ученые будут работать с данными из другой области.

4.4. Остальные компоненты

Предложенная модель архитектуры требует наличия компонента, который управляет метаданными во всех процессах и который обеспечивает согласованность и семантику данных с использованием специализированных онтологий или баз данных.

Проект такого рода является сложным из-за ряда соображений, которые необходимо учитывать, и поэтому необходимо будет принять стратегии управления для его разработки и обслуживания, а также политики управления для определения соглашений и механизмов взаимодействия между различными ролями. Такое управление должно учитывать управление изменениями, управление стандартами, контроль ограничений и принятие лучших практик для развития.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная работа может быть полезна разработчикам программного обеспечения, которые должны формулировать и управлять Big Data или ХД проектами на уровне предприятия, так как предлагаемые решения должны быть поддержаны в масштабируемой модели архитектуры, которая позволяет обрабатывать новые источники и типы данных в систематическом порядке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еремеев А.П., Еремеев А.А. "Реализация темпоральной базы данных для интеллектуальных систем реального времени.", Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям "IS&IT'17". Научное изд. в 3-х томах. - Таганрог: Изд-во Ступина С.А., 2017. Т. 1. - С. 205-212. ISBN 978-5-9500107-6-7. ISBN 978-5-9500107-7-4 (Т. 1)
2. S. Chaudhuri and U. Dayal, "An overview of data warehousing and OLAP technology," ACM SIGMOD Rec., vol. 26, no. 1, pp. 65-74, 1997
3. R. Kimball, "Newly Emerging Best Practices for Big Data," Kimball Group, p. 14, 2012.

АСИНХРОННЫЕ КОМПОНЕНТНЫЕ СХЕМЫ

АННОТАЦИЯ

В работе обсуждается модель распределенной обработки данных, предназначенная для высокоуровневого проектирования архитектур многомашинных систем специального назначения. В фокусе модели находятся асинхронные компонентные схемы, представляющие один из возможных вариантов схем с буферизированной передачей блоков данных между параллельно работающими программными компонентами. Эти схемы могут быть использованы в учебном процессе кафедр ИТ-профиля как в связке со средствами проектирования многомашинных систем обработки данных, так и самостоятельно, при наличии средств поддержки, установленных на кафедральных локальных сетях.

Ключевые слова – система обработки данных, проектирование, базовая модель, компонентная схема, асинхронный обмен данными, коммуникационный интерфейс

1. ВВЕДЕНИЕ

Сложность многомашинных систем обработки данных (СОД), используемых в современных технических комплексах, постоянно растет, поэтому существующие методы их создания, не основанные на адекватных базовых моделях, не могут обеспечить требуемых показателей качества в приемлемые сроки при разумных затратах сил и средств. Массовое применение многомашинных СОД специального назначения в производстве и энергетике, на транспорте, в военной сфере делает актуальным создание методов и средств высокоуровневого проектирования систем, основанных на моделях [1,2]. Важно то, что в этом случае базовые модели должны не только представлять заданные классы схем обработки данных, но и определять методы перехода от схем модельного класса к реализующим их системам [3,4].

Под базовой моделью здесь и далее понимается модель, на формальном уровне определяющая правила задания и способы исполнения схем обработки данных некоторого фиксированного класса, обеспечивающая проектирование архитектур систем, отличающихся внутренним представлением указанных схем, структурной и функциональной организацией.

Общность базовой модели делает ее инвариантной относительно процессов проектирования архитектур систем обработки данных специального назначения, независимой от способов реализации модели на конкретных элементно-технологических платформах. Полнота базовой модели гарантирует, что процессы проектирования архитектур систем полностью основаны на модели – управляются моделью, содержащей всю необходимую информа-

цию. Такой подход к проектированию архитектур многомашинных СОД специального назначения аналогичен подходу, принятому в методологии модельно-управляемой разработки программных систем – *Model-Driven Software Development (MDS)* [5,6].

Ниже рассматривается модель, предназначенная для использования в качестве базовой модели определенного класса многомашинных СОД специального назначения. СОД этого класса могут быть названы системами асинхронной компонентной обработки данных.

2. СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ АСИНХРОННЫХ КОМПОНЕНТНЫХ СХЕМ

Исходным понятием базовой модели является понятие асинхронной компонентной схемы (АКС). Схема строится из программируемых компонентов и буферных связей, которые обеспечивают асинхронную передачу структурированных блоков данных с выходов одних компонентов на входы, в общем случае, других компонентов схемы.

Буферы схемы устанавливают связь выходов и входов компонентов по принципу «один к одному», то есть отдельно взятый выход соединяется буфером с одним и только одним входом. В настоящей работе рассматриваются замкнутые схемы, то есть схемы, в которых нет «висячих» буферов и компоненты которых не имеют «открытых» входов/выходов – все входы/выходы ассоциированы с буферами схемы. Модель предполагает, что буферы имеют ограниченный размер, то есть, способны одновременно хранить конечное число блоков данных. Блоки данных, циркулирующие в схеме, могут иметь разный объем – объем блока привязан к объему секции буфера, используемому для его передачи. Предполагается, что буферы перед началом работы схемы не содержат блоков данных.

Функционирование компонентов в схеме децентрализовано – каждый компонент обрабатывает получаемые данные независимо по собственной, заложенной в него программе. Исходные данные поступают в схему от источников, подключенных непосредственно к компонентам, результаты обработки выдаются в приемники, также подключенные к компонентам. Прием сообщений от источников и выдача их в приемники осуществляется компонентами с блокировкой выполняемых ими процессов.

Пример структуры АКС, отвечающей модели, представлен на рис.1. Здесь кружками показаны компоненты; точками на границах кружков – их входы и выходы; треугольниками со стрелками – источники и приемники данных; стрелками с точ-

ками посередине обозначены буферные связи, соединяющие выходы и входы компонентов.

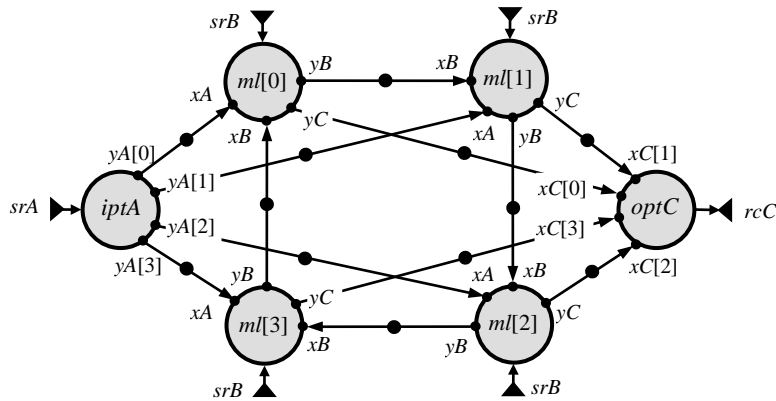


Рис.1. Пример структуры асинхронной компонентной схемы

3. КОММУНИКАЦИОННЫЙ ИНТЕРФЕЙС АСИНХРОННЫХ КОМПОНЕНТНЫХ СХЕМ

Программа и структура данных компонента могут быть заданы средствами любого императивного языка программирования, например, языка C++. Язык программирования должен быть дополнен специальными функциями, образующими коммуникационный интерфейс АКС. Коммуникационный интерфейс реализует возможность асинхронной передачи блоков данных через буферы связей от компонента к компоненту.

На рис.2 изображен отдельно взятый компонент АКС, имеющий память программ PM и память данных DM , показаны его вход x , ассоциированный с буфером связи b_j , и выход y , ассоциированный с буфером связи b_k . Программа, находящаяся в PM , последовательно выполняется компонентом над памятью DM . Исходные данные компонент получает из входных буферов и от источников данных; результаты обработки выдаются в выходные буферы и в приемники данных (на рисунке источники и приемники компонента не показаны).

Вызовы функций, обеспечивающих прием блоков данных на вход x и их выдачу на выход y , имеют следующий вид.

$?ipt(x)$ – вызов булевой функции, проверяющей наличие блоков данных в буфере b_j . Если b_j пуст, то $?ipt(x) = false$, в противном случае $?ipt(x) = true$.

$!ipt(x)$ – вызов валидной функции, перемещающей блок данных из непустого буфера b_j на вход x . Если b_j пуст, выполнение компонента останавливается до тех пор, пока в буфере b_j не появится блок данных. Если b_j не пуст, осуществляется перемещение головного блока из буфера b_j на вход x с удалением этого блока из буфера.

$?!ipt(x)$ – вызов булевой функции, перемещающей блок данных из буфера b_j на вход x , при условии, что проверяемый буфер не пуст. Если b_j пуст, выполнение компонента не останавливается, а управление сразу же возвращается в точку, следующую за вызовом функции $?!ipt$, при этом $?!ipt(x) = false$. Если b_j не пуст, осуществляется перемещение головного блока из буфера b_j на вход x с удалением

этого блока из буфера, при этом $?!ipt(x) = true$.

$?opt(y)$ – вызов булевой функции, проверяющей наличие свободных секций в буфере b_k . Если b_k переполнен (свободных секций нет), то $?opt(y) = false$, в противном случае $?opt(y) = true$.

$!opt(y)$ – вызов валидной функции, перемещающей блок данных с выхода y в непереполненный буфер b_k . Если b_k переполнен, выполнение компонента останавливается до тех пор, пока в буфере b_k не появится свободная секция. Если b_k не переполнен, осуществляется перемещение блока данных с выхода y в хвостовую секцию буфера b_k с сохранением этого блока на выходе y .

$?!opt(y)$ – вызов булевой функции, перемещающей блок данных с выхода y в буфер b_k , при условии, что проверяемый буфер не переполнен. Если b_k переполнен, выполнение компонента не останавливается, а управление сразу же возвращается в точку, следующую за вызовом функции $?!opt$, при этом $?!opt(y) = false$. Если b_k не переполнен, осуществляется перемещение блока данных с выхода y в хвостовую секцию буфера b_k с сохранением этого блока на выходе y , при этом $?!opt(y) = true$.

Программист, пишущий программу компонента на C++, может воспринимать его вход x как переменную, допускающую присваивание и использование значений обычным способом, как это принято в языке программирования C++. Однако кроме этого, в переменную x могут записываться значения из буфера b_j , ассоциированного с входом x , при помощи коммуникационных функций $!ipt$ и $?!ipt$. Аналогично, программист может воспринимать выход компонента y как переменную, допускающую присваивание и использование значений обычным способом, как это принято в языке программирования C++. Однако кроме этого, из переменной y могут читаться значения в буфер b_k , ассоциированный с выходом y , при помощи коммуникационных функций $!opt$ и $?!opt$.

Для работы со значениями входов/выходов компонента в его программе могут использоваться составные имена, в которых префиксами являются имена этих входов/выходов, например, x , $x[i]$, $y.a[b[k]]$, $y.z[l, n]$.

Для удобства программирования синтаксис и семантика вызовов коммуникационных функций могут быть расширены так, чтобы они позволяли работать с произвольным числом входов/выходов. В этом случае фактические параметры будут обра-

зовывать список входов/выходов, для которых должны одновременно выполняться все условия и все действия, сформулированные выше. Кроме того, в качестве фактических параметров могут использоваться массивы произвольной размерности.

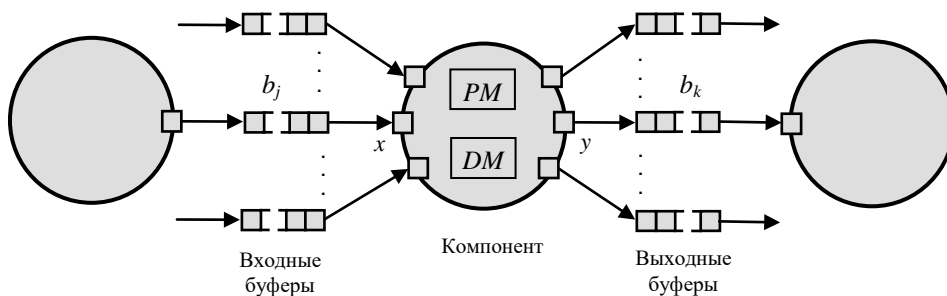


Рис. 2. Фрагмент асинхронной компонентной схемы

4. ПРИМЕР СХЕМЫ ДЛЯ УМНОЖЕНИЯ МАТРИЦ

В качестве примера АКС рассмотрим схему непрерывного конвейерного умножения последовательности матриц A размерностью 4×4 на последовательность матриц B той же размерности. Структура АКС умножения последовательностей матриц с точностью до обозначений соответствует структуре, представленной на рис. 1.

Цикл процесса умножения последовательностей матриц состоит в следующем. Исходная матрица-множимое A вводится компонентом $iptA$, который, распределяет её строки по компонентам $ml[0] - ml[3]$ в соответствии с их номерами. Матрица-множитель B вводится по столбцам компонентами $ml[0] - ml[3]$, причем вместе со столбцами вводятся их номера, не обязательно совпадающие с собственными номерами компонентов $ml[0] - ml[3]$. Компонент $ml[i]$ ($0 \leq i \leq 3$), получивший от $iptA$ строку матрицы A , формирует i -ю строку матрицы C , при этом столбцы матрицы B циклически перемещаются между компонентами $ml[0] - ml[3]$. Сформированные строки матрицы C собираются в компоненте $optC$, который осуществляет ее вывод.

Базис схемы включает три шаблона – $InputA$ для компонента $iptA$, $Mult$ для компонентов $ml[0] - ml[3]$ и $OutputC$ для компонента $optC$. Исходные тексты шаблонов на языке C++ имеют следующий вид:

```
//файл с классами источников и приемников
#include "sr_class.h"

/** константа */
const int N=4; //размер матриц A, B и C

/** типы */
typedef double vector[N]; //тип вектор
typedef struct num_vector{ //тип нумерованный вектор
    int num;
    vector vec;
};
typedef vector matrix[N]; //тип матрица
```

```
/** функция, вычисляющая значение элемента
матрицы-результата */
int Cij(vector x,y){
    double sum=0.0;
    for(int k=0;k<N;k++)
        sum=sum+x[k]*y[k];
    return sum;
}; //конец функции Cij

/** шаблон ввода матрицы-множимого A */
templet InputA(out yA[N]){ //шаблон с пулом
    //выходами yA
    vector yA //типа vector
    matrix A; //матрица A
    source srA; //источник матрицы A
    cl:srA.read(A); //чтение матрицы A из srA
    for(int i=0;i<N;i++) //формирование
        //строки матрицы A
        for(int j=0;j<N;j++) //на выходах yA
            yA[i][j]=A[i][j]; //формирование
            //элемента матрицы A[i,j]
    !opt(yA); //размещение строк
    //матрицы A в вых.буферах
    goto cl; //в начало цикла обработки
}; //конец шаблона Input

/** шаблон умножения матриц A и B */
templet Mult(in xB,xA out yB,yC){ //шаблон с
    //входами xB,xA и выходами yB,yC
    vector xA,yC //вход xA,
    //выход yC типа vector
    num_vector xB,yB; //вход xB,
    //выход yB типа num_vector
    source srB; //источник строки матрицы B
    cl:srB.read(yB); //чтение строки B в yB
    !ipt(xA); //размещение строки A
    //на входе xA
    yC[yB.num]=Cij(xA,yB.vec);
    //формирование элемента C на выходе yC
    !opt(yB); //размещение ст. B в вых. буфере
    int k=0; //счетчик до N-1
    while(++k<N){ //цикл на N-1 раз
        !ipt(xB);
        yB=xB; //передача входа на выход
        yC[yB.num]=Cij(xA,yB.vec);
        //формирование элемента C на выходе yC
        !opt(yB);
        //размещение столбца B в вых. буфере
    } //конец цикла на N-1 раз
    #opt(yC); //размещение строки C в выходном
    //буфере
    goto cl; //в начало цикла обработки
```

```

} //конец шаблона Mult

/** шаблон вывода матрицы-результата C */
template OutputC(in vector xC[N]){
    //шаблон с пулом входов xC
    vector xC //типа vector
    matrix C; //матрица C
    receiver rcC; //приемник матрицы C
    cl: !ipt(xC); //размещение строк C
    //на входах пула xC
    for(int i=0;i<N;i++) //формирование
    //матрицы C из строк
    for(int j=0;j<N;j++) //на входах xC
    C[i][j]=xC[i][j]; //формирование
    //элемента матрицы C[i,j]
    rcC.write(C); //запись матрицы C
    //в приемник rcC
    goto cl; //в начало цикла обработки
}; //конец шаблона OutputC

```

Описание структуры асинхронной компонентной схемы, показанной на рис.3, может выглядеть следующим образом:

```

/** файл описаний шаблонов схемы */
#include "mtx_Mult.td"

InputA iptA(out yA[N]) //компонент iptA
//с выходным пулом yA[N]
foreach(i=0,N-1) //для каждого i
//от 0 до N-1
yA[i].iptA-->xA.ml[i];
//связь i-го выхода компонента iptA
Mult ml[N](in xB,xA out yB,yC)
//компонентный пул ml[N]
foreach(i=0,N-1){
//для каждого i от 1 до N-1
yB.ml[i]-->xB.ml[i=N-1?0:i+1];
//связь выхода yB i-го компонента из ml[N]
yC.ml[i]-->xC[i].optC;
//связь выхода yC i-го компонента из ml[N]
}
OutputC optC(in xC[N]);
//компонент optC без выходных связей

```

Этот фрагмент исходного текста, как и приведенные выше описания шаблонов *InputA*, *Mult* и *OutputC*, справедлив для любого N . При изменении размера квадратных матриц A , B и C в исходном тексте необходимо поменять лишь значение глобальной константы N .

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренный пример показывает, что основных коммуникационных функций АКС достаточно для спецификации схем, решающих сложные задачи обработки данных. Формат публикации не позволяет продемонстрировать примеры использования всех функций, входящих в коммуникационный интерфейс. Однако данное выше описание функций позволяет понять возможности, которые они предоставляют для организации асинхронного обмена между параллельно работающими программируемыми компонентами в схемах обработки данных.

АКС могут быть использованы в учебном процессе кафедр соответствующего ИТ-профиля как в связке со средствами проектирования многомашинных систем асинхронной компонентной обработки данных, так и самостоятельно, будучи реализованными на кластерных установках или кафедральных ТСП/IP сетях.

На кафедре Вычислительных машин, систем и сетей НИУ «МЭИ» представленная в работе базовая модель изучается в курсе «Модели вычислений и архитектура вычислительных систем», наряду с другой моделью распределенного программирования – регулярными вычислительными схемами (РВС) [7]. Опыт преподавания этой дисциплины показал, что студенты хорошо воспринимают основы технологии распределенного программирования, основанного на применении АКС и РВС, быстро схватывают суть дела и, переходя на стандарт *MPI* (*Message Passing Interface*), начинают самостоятельно писать сложные программы для кластерных и сетевых вычислительных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Платунов А.Е. Роль вычислительных моделей и механизмов в проектировании встроенных систем // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. Выпуск 14. Информационные технологии, вычислительные и управляющие системы. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2004. – С. 164-169.
2. Модели асинхронной обработки данных и их применение для организации распределенных систем. Отчет о НИР по теме № 1017060, гос. рег. № 01200605949, научный рук. Ладыгин И.И. – М.: МЭИ, 2009. – 147 с.
3. Калинина Г.А., Мороховец Ю.Е. Модель асинхронной автоматной обработки данных. // Вестник МЭИ. – 2008, № 5. – С. 57-61.
4. Иутин А.А., Калинина Г.А., Мороховец Ю.Е. Об одном подходе к построению структур систем, реализующих асинхронные автоматные схемы // Современные технологии в задачах управления, автоматики и обработки информации. Труды XIX Международного научно-технического семинара – М.: Издательский дом МЭИ, 2011. – С. 203-204.
5. Назаров С.В. Архитектура и проектирование программных систем: монография. М.: ИНФРА-М, 2018. – 374 с.
6. Parviainen P., Takalo J., Teppola S. and Tihinen M. *Model-Driven Development. Processes and practices. Espoo: VTT Technical Research Centre of Finland*, 2009. – 102 p. (режим доступа – URL:www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2009/W114.pdf, дата обращения – 1.12.2019).
7. Калинина Г.А., Мороховец Ю.Е. Простой язык для обучения программированию распределенных приложений, основанному на передаче сообщений // Труды III Международной конференции «Информатизация инженерного образования (ИНФОРИНО-2016) – М.: Издательский дом МЭИ, 2016. – С. 135-141.

РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМ

АННОТАЦИЯ

Данная работа посвящена вопросам, связанным с разработкой компьютерных средств обучения технологии построения мультиагентных систем. Основное внимание в работе уделено созданному и используемому на кафедре прикладной математики учебно-методическому комплексу (УМК) «конструктор мультиагентных распределенных систем».

Ключевые слова – мультиагентная система, агент, электронный учебно-методический комплекс, распределенная система

1. ВВЕДЕНИЕ

Активное развитие современных интернет-технологий, технологий дистанционного обучения [1], формирования корпоративных баз знаний (БЗ) [2] и технологий разработки программного обеспечения (ПО) [3] позволяет совершенствовать компьютерные средства обучения. При подготовке специалистов разработчиков ПО наличие таких средств в настоящее время является исключительно важным для надлежащего усвоения материала. Связано это с тем, что современные требования к коммерческим программным системам становятся все более высокими и студенты должны осваивать на практике все более сложные концепции и технологии. Одной из таких концепций является построение мультиагентных систем (МАС) [4] – комплекса распределенных независимых аппаратных и(или) программных узлов (агентов), взаимодействующих между собой посредством передачи сообщений для решения некоторой задачи. В данной работе рассматриваются аспекты, связанные с созданием УМК, позволяющим дать студентам опыт построения таких систем.

2. ЗАДАЧА СОЗДАНИЯ УМК «КОНСТРУКТОР РАСПРЕДЕЛЕННЫХ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМ»

Непрерывный рост сложности вычислительных задач ведет к непосредственному увеличению ресурсов, требуемых для их решения (как программных – в виде усложнения логики работы, так и аппаратных). Поэтому в последнее время заметно активное распространение мультиагентных систем, решающих как проблему усложнения логики работы программ путем декомпозиции разрабатываемых решений на отдельные программные модули-агенты, так и вычислительную – увеличением количества вычислительных узлов (горизонтальная масштабируемость) [5].

Мультиагентная архитектура используется при решении сложных вычислительных задач моделирования технических объектов, при построении высоконагруженных систем, рассчитанных на большой поток клиентов (бизнес процессы, интернет сервисы, роботизация бизнес-процессов и т.д.) [6]. Поэтому задача создания эффективных систем обучения разработчиков по данному направлению является актуальной, особенно в рамках повышения квалификации программистов, позволяя получать необходимые знания без очного прохождения обучающих курсов и т.д.

3. КОМПЛЕКТ ПРОГРАММНЫХ КОМПОНЕНТ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

В рассматриваемом УМК МАС представляет собой сложную распределенную систему, состоящую из множества узлов-агентов, постоянно взаимодействующих между собой и реальным миром посредством сообщений.

Чтобы успешно справиться со сложностью при построении таких систем для их корректной работы нужно в процессе разработки придерживаться четко определенных принципов и правил. Созданный УМК позволяет на практике показать обучающимся важность предварительной разработки таких правил и получаемые преимущества. Распределенная система состоит из узлов. На узле устанавливается некое ПО. Это ПО может и должно строиться по тем же принципам, что и вся система.

Распределенная система состоит из единиц, обладающих полезным поведением. Это простейшие элементы системы реализуют отдельные части бизнес-логики и являются существенным пределом разбиения системы. Будем называть эти единицы (агенты) модулями, инкапсулирующими поведение.

Эти модули устроены по одинаковому принципу и общаются друг с другом через четко определенные интерфейсы. Таким образом, минимальная единица разработки – модуль.

У элемента распределенного приложения должна быть:

- своя цель,
- своя логика (модель поведения),
- экземпляры однотипных элементов.

Очевидно, что определенные свойства элемента распределенной системы поддерживаются вполне определенным программным кодом. Чтобы быстро наращивать возможности системы и упростить

понимание ее разработчиками этот код следует унифицировать. Разработчик элемента должен получать готовое решение типовых задач.

Таким образом, УМК показывает, что важно строить распределенные системы, обладающие следующими свойствами:

- модульность – система строится из модулей, являющихся самостоятельными логическими единицами, реализующими некоторую функциональность, для работы которых могут потребоваться другие модули,
- универсальное ядро – “жизненное пространство”, обеспечивающее запуск нужного набора модулей и их корректное взаимодействие,
- единый способ взаимодействия – любое взаимодействие модулей возможно только посредством обмена сообщениями через шину передачи сообщений,
- совместимость – у каждого модуля всегда есть возможность определить, может ли он корректно взаимодействовать с другим модулем,
- асинхронность – все модули функционируют асинхронно,
- слабая связность – все модули являются гетерогенными, независимыми друг от друга сущностями, разделяющими общий язык взаимодействия.

Архитектура программных компонент, входящих в УМК для построения МАС изображена на рис. 1. Далее рассмотрим каждый ее элемент по отдельности.

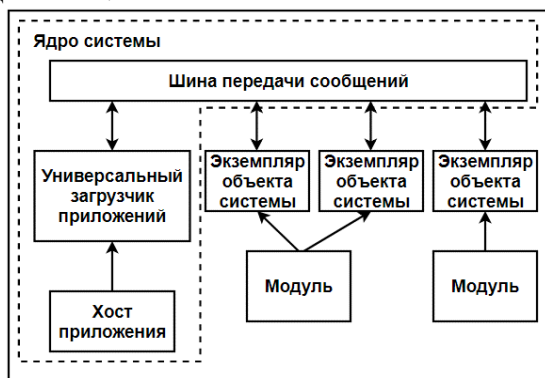


Рис. 1. Архитектура мультиагентного приложения.

3.1. Описание агентов

Поведение модуля задаётся его моделью, задаваемой декларативным способом. Модули реализуют детерминированное поведение, для описания которого используются детерминированные конечные автоматы. Модель поведения модуля задается как полный список возможных состояний и множество условий перехода между этими состояниями. Переходы в конечном автомате модуля срабатывают по событиям. Событием считается получение модулем сообщения. Сообщения, которыми могут обмениваться модули, типизированы (т. е. могут различаться по типу). Для каждого состояния множество переходов задает однозначное соответствие, в какое состояние следует перейти, получив

определенное сообщение (сообщение определенного типа). При этом «новое» состояние может совпадать с текущим. Таким образом, «новое» состояние конечного автомата однозначно определяется текущим состоянием и типом полученного сообщения.

Модуль в системе можно рассматривать как независимую единицу, агент, функционирующую в среде подобных независимых агентов. Если модулю нужно, чтобы кто-то что-то для него сделал, он должен просить об этом через коммуникационный канал. Если модулю нужно получить информацию о чем-то, он должен получить эту информацию используя коммуникационный канал.

Модулям нужен общий язык, чтобы понимать друг друга. В событийно-управляемой среде общий язык общения – сообщения. При этом у каждого модуля присутствует такой атрибут, как протокол – полный и однозначный список сообщений, который он может воспринимать. При этом протокол является самостоятельной сущностью системы, и один и тот же протокол может входить в состав разных модулей.

3.2. Описание сообщений

Сообщение — пакет с данными, передаваемый через коммуникационную среду (шину) от модуля-отправителя модулю-получателю. Оно имеет структуру, синтаксис и семантику (смысловую нагрузку).

У каждого сообщения есть уникальные имя и код, позволяющие различать сообщения между собой.

Каждое сообщение имеет уникальный идентификатор типа и принадлежит единственному протоколу.

У сообщения может быть несколько аргументов. Они нужны, так как часто просто информации о том, что что-то случилось, бывает недостаточно.

У каждого аргумента есть тип, порядковый номер и уникальное имя.

Для некоторых аргументов можно указать значения по умолчанию (они будут использоваться, если отправитель сообщения явно не укажет требуемые значения для этих аргументов).

Набор возможных типов аргументов сообщений ограничен – строка (string), число (int, float, int64), логический (bool).

Есть возможность использовать в сообщениях пользовательские перечислимые типы. Для этого такие типы также следует описать в протоколе.

В некоторых случаях в качестве аргумента сообщения в протоколе могут использоваться какие-то ограниченные множества возможных значений. Чтобы ограничить такие значения явно, используются перечислимые типы. При конструировании сообщений такие аргументы могут быть установлены только в значение из явно заданного при определении типа набора.

3.3. Поколения протоколов

При работе с протоколами следует учитывать такое понятие, как поколение протокола. В соответствии с решаемыми задачами и предъявляемыми требованиями протоколы модулей могут претерпевать изменения. Как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения может меняться число сообщений, типов. Поколение протокола позволяет избежать «хаоса версий» при эволюционном развитии протокола, оперировать понятными, идентифицируемыми «диалектами» протокола.

При накоплении изменений, меняющих в итоге принципиальные характеристики протокола, принимается, что это единица уже нового, следующего поколения. Небольшие эволюционные изменения, не меняющие имеющиеся ранее сообщения, относятся, обычно, к одному поколению. Изменение набора доступных в протоколе сообщений или изменение аргументов сообщений всегда возможно только в новом поколении протокола.

Для удобства эволюционного развития протокола и обеспечения механизма обратной совместимости атрибут поколения в обязательном порядке устанавливается не только для всего описания протокола, но и для всех сущностей, описанных в протоколе. Это дает необходимый уровень гибкости в случаях, когда нужно иметь протоколы, содержащие несколько поколений (диалектов).

3.4. Язык описания мета-информации

Описания протоколов должны обрабатываться распределенной системой в декларативном виде и входить в набор мета-информации модели.

Существуют различные формы представления данных, наиболее распространенные на сегодняшний день – XML и JSON. При этом их объединяет общий принцип построения структуры – в виде иерархий сущностей.

Язык М (МЕТА) описывает мета-информацию в иерархической форме.

В формате присутствуют ключи и их значения. Пара ключ-значение разделяется двоеточием:
<имя ключа>:<значение ключа>

Помимо значения ключ может иметь дочерние ключи.

По умолчанию каждый ключ описывается на одной строке.

У любого ключа может быть несколько подключей.

Чтобы показать их, используется идентация (сдвиг на два пробела), например:

```
<имя ключа 1>:<значение ключа 1>  
  <имя подключа 1>:<значение подключа 1>  
  <имя подключа 2>:<значение подключа 2>  
<имя ключа 2>:<значение ключа 2>
```

3.5. Шина сообщений

Взаимодействие модулей друг с другом осуществляется только через обмен сообщениями по общей шине сообщений, предоставляемой ядром.

Архитектура шины удовлетворяет следующим

требованиям:

- асинхронность,
- надежность – при сбоях в работе некоторых модулей не должна останавливаться рассылка сообщений для других,
- поддержка фильтрации сообщений,
- поддержка логических шин,
- формирование очереди сообщений,
- использование декларативного описания протокола на М языке.

«Физическая» шина представлена в системе в единственном экземпляре, но при этом в рамках «физической» шины может функционировать множество логических подшин (рис.2.). Логические шины имеют древовидную иерархию, которая также вводит понятия master- и slave-модулей, по отношению к конкретной шине передачи сообщений. Логические подшины обеспечивают механизм группировки и изоляции модулей. У каждой логической подшины есть единственный владелец – master-модуль, имеющий полный доступ к подшине и возможность создавать новую логическую подшину.

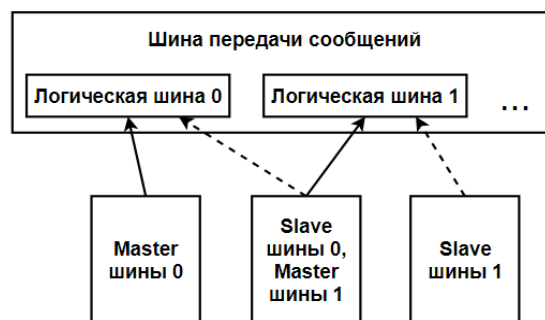


Рис. 2. Структура логических шин.

Модуль, являющийся master-модулем в одной шине и slave-модулем в другой шине, получает сообщения обеих шин.

Сообщения в шине возникают асинхронно по мере отправки их модулями. У каждого модуля существует очередь направленных ему сообщений. Алгоритмы обработки модулем сообщений, поступивших в его адрес, могут отличаться и зависеть только от реализации конкретных модулей.

4. ОПИСАНИЕ РЕАЛИЗОВАННОГО УМК

Разработанный УМК позволяет начинающим разработчикам оперативно изучить тему построения рассмотренных выше МАС, при этом в системе присутствует как большое количество руководств и пошаговых описаний построения любых компонентов МАС, так и множество структурированных примеров реализованных модулей, описаний протоколов и т.д. В комплексе присутствует функция графического построения конечных автоматов в Visio формате, описывающих поведение модулей и их преобразование из графического представления к декларативному описанию на М языке, создание шаблонов проектов для дальнейшей разработки

компонентов системы. Таким образом, например, при генерации структуры проекта модуля логики, необходимо выполнить следующие шаги:

1. Доделать сгенерированный описатель модуля.
2. Конвертировать конечный автомат из формата Visio в формат декларативного описания.
3. Реализовать код модуля.
4. Реализовать необходимые шаблоны.

Исправление описания модуля представляет собой включение в проект актуальной мета-информации о разрабатываемом модуле:

- версию;
- список поддерживаемых поколений;
- зависимости (имена и поколения других модулей, которые потребуются данному модулю для работы).

Каждый модуль предоставляет точное описание необходимых ему протоколов в своих мета-данных (при этом используется стандартный механизм указания зависимостей).

Для встраивания модели конечного автомата в модуль выполняется ее декларативное описание. При этом декларативное описание не разрабатывается вручную. Для получения описателя по модели конечного автомата в формате Visio приложение УМК вызывает специальную утилиту – VisioExporter.

Реализация кода модуля заключается в реализации кода обработчиков переходов в машине состояний. Заготовка файла с описанием обработчиков генерируется автоматически. В автоматически созданной заготовке реализована структура файла и заготовки стандартных обработчиков. Заготовку следует доработать вручную.

Простые обработчики выполняют приём сообщения-активатора, контроль его параметров и отправку сообщений в зависимости от значений параметров сообщения-активатора.

Сложные обработчики содержат, помимо отправки, приём ответных сообщений от других модулей.

Такие обработчики позволяют уменьшить количество переходов в конечном автомате модуля за счёт объединения нескольких простых обработчиков в одном.

Часто повторяющиеся части декларативных обработчиков можно оформлять в виде параметризованных шаблонов, которые являются аналогами процедур.

После того как все обработчики реализованы и код компилируется без ошибок, можно перейти к тестированию модуля.

В конце разработки получается схема – набор модулей и их взаимосвязи. Схема компилируется в УМК при нажатии синей кнопки со стрелкой. Если все сделано правильно, в окне «Вывод» будет показан результат компиляции схемы, завершающийся зеленой строкой “Exit with code 0”. Схема может считаться готовой к работе.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодняшний день создание и использование электронных УМК получает все большее распространение в любых отраслях науки, поскольку они показывают высокую степень эффективности и легкости обучения. В данной работе была рассмотрена модель мультиагентной системы и особенности ее построения. Приведено описание УМК по обучению разработчиков описанных МАС. Разработанная система используется в учебно-научном процессе кафедры ПМ.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты 18-01-00459, 18-29-03088).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **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.
2. **Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф.** Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб.: Питер, 2000. – 384 с.
3. **Логвинова К. В.** Современные технологии и средства разработки программного обеспечения // Бизнес-информатика. 2007. №2. С. 45–53.
4. **Wooldridge M.J.** An introduction to multi-agent systems. Wiley, 1996.
5. **Гребенюк В. М.** О проблемах определения возможностей масштабирования сложных систем // Вестник евразийской науки. 2013. №3 (16).
6. **Hababeh, I. Khalil and A. Khreishah,** "Designing High Performance Web-Based Computing Services to Promote Telemedicine Database Management System," in IEEE Transactions on Services Computing, vol. 8, no. 1, pp. 47-64, Jan.-Feb. 2015.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ЛПР ПРИ РЕШЕНИИ РЕЙТИНГОВОЙ ЗАДАЧИ

АННОТАЦИЯ

Актуальной проблемой в быстро меняющемся мире является возможность моделирования различных возникающих ситуаций. В работе рассматривается моделирование предпочтений лица, принимающего решение, с применением рейтинговой модели объектов. Выявление успешных и неуспешных объектов при изменении предпочтений ЛПР осуществляется путём повышения и понижения их рейтинга. Решение этой задачи достигается перераспределением важности показателей, характеризующих оцениваемые объекты. Рассматриваются способы теоретического и практического решения этой задачи, иллюстрируемые примером, выполненным в системе выбора и ранжирования СВИРЬ.

Ключевые слова — моделирование; показатель; предпочтение; критерий; модель оценивания; рейтинг

1. ВВЕДЕНИЕ

Рейтинговая система оценивания служит эффективным инструментом принятия решений. При проектировании новых изделий она применяется для выбора перспективного варианта проекта [1]. В управлении организацией рейтинговая система используется для выявления передовых и отстающих подразделений [2]. На государственном уровне рейтинговая система позволяет оценивать успехи и недостатки в управлении субъектами Российской Федерации [3].

Для получения рейтинговых оценок упомянутых выше объектов разрабатываются соответствующие системы оценивания. Наиболее простой из них является балльно-рейтинговая система, получившая широкое применение при оценивании знаний учащихся. Уменьшению субъективизма количественных оценок ЛПР способствует применение многомерной системы полезности, предложенной в [4]. Её частной разновидностью предложено считать многокритериальную систему оценивания [5].

На обобщённую (интегральную) оценку качества оцениваемого объекта влияют следующие свойства модели оценивания:

- 1) перечень выбранных показателей, характеризующих оцениваемые свойства;
- 2) шкала каждого показателя (теоретическая или выборочная);
- 3) обобщающая функция (суперкритерий), применяемая для согласования противоречивых оценок объекта по разным показателям;
- 4) целевые значения показателей;
- 5) функции полезности показателей;
- 6) важность показателей.

Формирование первых трёх свойств системы оценивания требует знания предметной области и методов системного анализа. Последние три свойства модели оценивания отражают предпочтения лица, принимающего решение. Из них важность показателей наиболее подвержена изменениям в ходе отладки и использования системы. В работе [6] изменение важности (значимости) показателей используется для определения устойчивости обобщённых оценок качества объектов.

В настоящей работе предлагается использовать изменение важности показателей для отслеживания изменений внешней среды. Некоторое свойство объекта, казавшееся маловажным по сравнению с другими, может оказаться более предпочтительным при изменении обстановки или взгляда на вещи.

Важность свойства представляется весовым коэффициентом обобщающей (синтезирующей) функции. Поскольку сумма нормированных весовых коэффициентов (далее весов) равна единице, увеличение веса одного показателя влечёт уменьшение веса других (другого) показателей. Этот эффект будем называть перераспределением весов показателей, отражающим изменение предпочтений ЛПР. Приняв веса показателей за параметры модели оценивания, мы можем использовать её как имитационную модель предпочтений ЛПР. Увеличив вес некоторого показателя за счёт других, по изменившимся обобщённым оценкам ЛПР может определить, какие объекты обладают соответствующим свойством в большей или меньшей степени. В практическом плане это влияет на изменение рейтинга объектов, влияющего на принятие организационных, технических или иных решений.

Настоящая работа посвящена решению теоретических и практических аспектов этой проблемы. Они нетривиальны для иерархических систем, используемых для оценивания сложных объектов, которые характеризуются большим числом различных показателей.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Важность показателей используется при вычислении обобщённой оценки объекта методами скалярной оптимизации, названными в работе [5] методами функционального выбора. Эти методы используются при большом числе показателей, поскольку с ростом их числа возрастает мощность множества недоминируемых альтернатив по Парето. Упорядочение объектов, принадлежащих этому множеству,

осуществляется путём преобразования векторных оценок объектов в их численные эквиваленты (скаляры). В качестве обобщающих (согласующих) функций наибольшее распространение получили средневзвешенные аддитивная и степенная мультипликативная функции:

$$u_o(x) = u_A(x; \mathbf{w}) = \sum_{j=1}^n w_j \cdot u_j(y_j(x)) \quad (1)$$

$$u_o(x) = u_M(x; \mathbf{w}) = \prod_{j=1}^n u_j(y_j(x))^{w_j} \quad (2)$$

В формулах (1) и (2) $\mathbf{w} = (w_1, \dots, w_j, \dots, w_n)$ – вектор важности (весов) показателей, $w_j \geq 0$, $\mathbf{w} \neq \mathbf{0}$, а $y_j(x)$ – значение j -го показателя для объекта x . Веса показателей, выраженные в долях единицы, подчиняются требованию:

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad (3)$$

В задаче перераспределения весов показателей эта формула играет роль закона сохранения суммы весов («если в одном месте что-то отнимется, то в таком же количестве присовокупится в другом»).

Перераспределение весов осуществляется на нижнем уровне модели оценивания. Идея его заключается в следующем. Учитывая внешние обстоятельства, ЛПР решает оценить объекты по некоторому перспективному показателю. Эту цель можно реализовать путём увеличения важности этого показателя. Согласно формуле (3) это можно сделать за счёт уменьшения важности других показателей – доноров веса. Рассмотрим два способа решения этой проблемы:

- 1) назначить индивидуального донора, т.е. сформировать пару «донор-акцептор»;
- 2) пропорционально уменьшить веса всех других показателей, находящихся в одной группе с акцептором – получателем веса.

Условием правильного изменения веса является сохранение единичных сумм весов, как в пределах отдельной группы, так и во всей иерархии показателей. Это означает, что независимо от места нахождения донора в иерархии изменение веса w_j j -го показателя на величину $\pm \Delta w_j$ должно быть компенсировано согласно формуле (3) изменением одного или более показателей на величину Δw_j с обратным знаком.

Пусть мы хотим повысить важность j -го показателя с целью выявления объектов, преуспевших по этому показателю. Этой цели можно достигнуть увеличением веса w_j на некоторую величину Δw_j : $w_j + \Delta w_j$. Пусть в этой же группе имеется k -й показатель, важность которого мы посчитаем излишней, назначив ему роль донора веса. Тогда с учётом формулы (3) его вес должен уменьшиться на величину Δw_j : $w_k - \Delta w_j$.

Воспользовавшись обобщающей функцией (1) и опустив остальные показатели группы, получим:

$$(w_j + \Delta w_j) \cdot y_j + (w_k - \Delta w_j) \cdot y_k.$$

Условием выявления объектов, преуспевших по этому показателю, является:

$$(w_j + \Delta w_j) \cdot y_j + (w_k - \Delta w_j) \cdot y_k > w_j \cdot y_j + w_k \cdot y_k. \quad (4)$$

После выполнения ряда преобразований условия (4) можно убедиться в том, что оно выполняется только при следующем соотношении значений показателей: $y_j > y_k$. Это означает, что не любой показатель может служить в качестве донора веса.

В случае выполнения условия (4) веса в группе показателей будут перераспределены так, что это не скажется на значениях весов в других группах иерархии, а обобщённая оценка группы увеличит своё значение.

Условие (4) справедливо и для того случая, когда в качестве донора веса выбран показатель, принадлежащий другой группе. Пусть в результате анализа признано, что вес j -го первичного показателя следует увеличить на величину Δw_j , за счёт веса k -го первичного показателя, который, следовательно, должен быть уменьшен на эту же величину.

Разница будет заключаться лишь в том, что изменится соотношение весов сразу в двух группах показателей. На величину Δw_j изменятся значения весов локальных признаков, расположенных на путях от j -ой и k -ой листовых вершин дерева до *первой общей* вершины иерархии, причём при восхождении от j -ой вершины веса признаков увеличатся на величину Δw , а при спуске к k -ой вершине уменьшатся на эту же величину. Это позволит сохранить суммы весов, равные единице на всех ярусах дерева.

Согласно второму способу перераспределения весов в пользу j -го показателя на величину Δw_j изменение его веса достигается за счёт изменения весов «коллективного донора», т.е. остальных показателей группы:

$$\Delta w_j = s \cdot \sum_{k=1}^{n-1} w_k. \quad (5)$$

В формуле (5) $s < 1$ – коэффициент, общий для $n-1$ показателей, уменьшающий их на суммарную величину Δw_j пропорционально величине каждого k -го показателя, $k=1, n-1$, $k \neq j$. Новая величина k -го показателя, рассчитывается умножением веса показателя на коэффициент s , рассчитываемый по формуле:

$$s = \frac{1 - (w_j + \Delta w_j)}{1 - w_j}. \quad (6)$$

Пример. В векторе весов $\mathbf{w}=(0,5; 0,375; 0,125)$ решено увеличить вес первого показателя на величину $\Delta w_1=0,1$. Как при этом изменятся веса остальных показателей, чтобы сумма весов осталась равной 1? Умножая вторую и третью компоненты вектора на коэффициент $s=0,8$, рассчитанный по формуле (6), получаем новый вектор весов $\mathbf{w}=(0,6; 0,3; 0,1)$, отвечающий поставленному требованию. При необходимости уменьшения веса первого показателя на величину $\Delta w_1=0,1$ знак в скобках числителя меняется на обратный.

Рассмотрим практическую реализацию способов моделирования предпочтений.

2. СРЕДА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРЕДПОЧТЕНИЙ

В качестве среды моделирования предпочтений ЛПР примем систему выбора и ранжирования СВИРЬ, разработанную под руководством автора в Петербургском государственном университете путей сообщения [7]. В ней реализованы следующие режимы перераспределения весов показателей в иерархической системе оценивания:

- 1) Выравнивание весов по уровням иерархии;
- 2) Выравнивание весов по первичным критериям;
- 3) Индивидуальный донор веса;
- 4) Коллективный донор веса.

Первые два режима оперируют со структурными весами критериев, под которыми в отличие от экспертных весов понимаются веса, вычисляемые относительно структуры системы оценивания. В режиме 1 структурные веса критериев рассчитываются от корня дерева (сверху-вниз). Для неоднородной структуры *локальные (составные) критерии*, принадлежащие одному уровню иерархии, получают *одинаковый* вес, а первичные критерии, принадлежащие разным ветвям иерархии, в общем случае получают различный вес.

В режиме 2 структурные веса критериев рассчитываются от листовых вершин к корню дерева (снизу-вверх). Для неоднородной структуры *первичные критерии*, принадлежащие разным ветвям иерархии, получают *одинаковый* вес, а локальные критерии, принадлежащие одному уровню иерархии, получают в общем случае различный вес.

В режиме 3 вес выбранного показателя увеличивается за счёт заимствования части веса другого показателя. Первый из них называется *акцептором* (лат. accipio — «получающий»), а второй – *донором* (лат. dono — «дарящий, дающий»). При этом донор может находиться как в одной группе с акцептором, так и в другой группе.

В режиме 3 вес выбранного показателя увеличивается за счёт заимствования части весов всех остальных первичных показателей. При этом веса этих показателей уменьшаются в единой пропорции.

Рассмотрим применение этих режимов для решения конкретной задачи в системе выбора и ранжирования СВИРЬ.

3. ПРИМЕР МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРЕДПОЧТЕНИЙ В СИСТЕМЕ СВИРЬ

В качестве конкретной задачи примем оценивание рейтинга регионов (субъектов) РФ. Для проведения эксперимента выбраны первые семь из 85-ти регионов РФ, рейтинг которых за 2015 год приведён во 2-м столбце табл. 1. Места регионам присвоены по суммам балльных оценок, рассчитанных для 15-ти показателей. Показатели, характеризующие социально-экономическое положение регионов РФ, объединены в 4 группы: масштаб экономики, эффек-

тивность экономики, бюджетная и социальная сфера. В отсутствие принципа начисления баллов для проведения эксперимента на основании реальных значений равноважных показателей рассчитаны рейтинги регионов РФ с применением аддитивной и мультипликативной свёрток (см. столбцы 3 и 4 в табл. 1).

Таблица 1. Рейтинг первых семи регионов РФ за 2015

Регион / Рейтинг	Офиц.	Адд.	Мульти.
г. Москва	1	1	1
г. Санкт-Петербург	2	4	3
Ханты-Мансийский автономн. округ	3	3	2
Московская область	4	6	5
Республика Татарстан	5	7	7
Ямало-Ненецкий автономный округ	6	2	4
Сахалинская область	7	5	6

Для варианта аддитивной свёртки доминируемой по группам показателей является только Московская область, а для мультипликативной свёртки ещё и Санкт-Петербург. По этой причине они не могут занять места выше второго. Остальные регионы, вошедшие в множество Парето, могут претендовать на первое место. Поскольку изменение порядка мест по сравнению с официальным рейтингом меньше для варианта мультипликативной свёртки (19%)¹, выберем его для проведения экспериментов.

4.1. Одинаковый вес первичных показателей

За неимением исходной информации об экспертной оценке весов показателей рейтинг регионов РФ, представленный в столбцах 3 и 4 табл.1, получен в режиме выравнивания весов по группам показателей, т.е. $w_{мэ}=w_{ээ}=w_{бс}=w_{сс}=0,25$. Поскольку в группу «Масштаб экономики» входят три показателя, а в остальные группы по четыре показателя, их структурные веса равны соответственно 0,0833 и 0,0625.

В режиме 2 выравнивается вес первичных показателей, а именно будет равен $w_{пп} = 1/15 = 0,0667$. При этом вес группы «Масштаб экономики», включающей три показателя, уменьшится до $w_{мэ} = 0,2$, а веса остальных групп увеличатся: $w_{ээ} = w_{бс} = w_{сс} = 0,2667$. Это отразится на рейтингах регионов следующим образом (см. табл. 2 и 3):

Таблица 2. Регионы, улучшившие рейтинг

Регион / Рейтинг	Прежний	Новый	Прирост
Ямало-Ненецкий округ	4	3	1
Сахалинская область	6	5	1

Таблица 3. Регионы, ухудшившие рейтинг

Регион / Рейтинг	Прежний	Новый	Падение
г. Санкт-Петербург	3	4	1
Московская область	5	6	1

Эти результаты означают, что при равных весах первичных показателей преимущество получили регионы с меньшим масштабом экономики.

4.2. Индивидуальный донор

Пусть донор и акцептор находятся в одной груп-

¹ Для всего перечня регионов процент различия в местах составил всего 5, 24%.

пе показателей. В группе показателей «Бюджетная сфера» перераспределим веса показателей «Доля доходов» и «Доходы бюджеты на одного жителя», приняв первый показатель за донор, а второй – за акцептор. Уменьшим вес донора на $\Delta w = 0,0225$, прибавив эту величину к весу акцептора. Веса этих показателей перераспределяются следующим образом:

$$w_{\text{дд}} = 0,04 \text{ и } w_{\text{дбож}} = 0,085.$$

В результате изменения обобщённых оценок регионов Ямало-Ненецкий автономный округ и Санкт-Петербург поменяются местами – третьим и четвертым местами в рейтинге. А это означает, что в Ямало-Ненецком автономном округе налоговые и неналоговые доходы бюджета в большей степени влияют на доходы населения, чем в Санкт-Петербурге.

Аналогичный результат получим при назначении донора из *другой* группы показателей, а именно из группы «Масштаб экономики». Из донора «Доходы бюджета» с весом $w_{\text{дб}} = 0,0833$ изымаем $\Delta w = 0,0233$ в пользу показателя «Доходы бюджеты на одного жителя». Результат получен при весах этих показателей $w_{\text{дб}} = 0,0666$ и $w_{\text{дбож}} = 0,0858$.

4.3. Коллективный донор

Увеличим вес акцептора «Доходы бюджеты на одного жителя» с $w_{\text{дбож}} = 0,0625$ до $w_{\text{дбож}} = 0,01$ ($\Delta w = 0,0375$). Вес показателей в группе «Масштаб экономики» снизится с $0,0833$ до $0,08$, а в остальных группах с $0,0625$ до $0,06$. Регионы, изменившие места по новым обобщённым оценкам показателей, показаны в табл. 4 и 5.

Таблица 4. Регионы, улучшившие рейтинг

Регион / Рейтинг	Прежний	Новый	Прирост
Ямало-Ненецкий автономный округ	4	3	1
Сахалинская область	6	5	1

Таблица 5. Регионы, ухудшившие рейтинг

Регион / Рейтинг	Прежний	Новый	Падение
г. Санкт-Петербург	3	4	1
Московская область	5	6	1

В них, как и прежде, поменялись местами Ямало-Ненецкий автономный округ и Санкт-Петербург. Дополнительно к ним поменялись местами Сахалинская и Московская области. А это означает, что в добывающих регионах доходы населения в большей степени зависят от социально-экономического положения региона, чем в Санкт-Петербурге и Московской области.

На основании проведённых экспериментов можно сделать вывод о том, что каждый из способов увеличения веса показателя-акцептора позволяет выявить объекты, улучшающие и ухудшающие свой рейтинг. Разнообразие способов увеличивает возможности моделирования предпочтений ЛПР.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В англоязычной литературе многокритериальное оценивание объектов получило название многоцелевой оптимизации (Multiobjective optimization). Это название подчёркивает первичность целей в этой процедуре. При этом важно не только найти перечень локальных целей в дереве целей, но и сопоставить их по важности. А важность цели не является постоянной величиной. Она может меняться под влиянием внешних и внутренних обстоятельств. Из этого следует, что систему многомерного оценивания объектов можно воспринимать как имитационную модель. В рассматриваемой задаче параметрами, подлежащими изменению, являются весовые коэффициенты обобщающих (агрегирующих) функций. В работе предложен математический аппарат, востребованный для решения поставленной задачи. Эксперименты, выполненные на общедоступном практическом примере, показали плодотворность применения этого аппарата. За неимением экспертных оценок весов использовались только структурные веса в иерархии показателей. Однако полученные результаты распространяются и на экспертное задание весов показателей. В практическом плане ЛПР, меняя важность показателей, получает возможность выявлять объекты, в наибольшей и наименьшей мере отвечающие изменившимся требованиям.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследования, выполненные по данной тематике, проводились при финансовой поддержке грантов РФФИ № 19-08-00989-а, № 20-08-01046 в рамках бюджетной темы № 0073–2019–0004.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семенов С.С. Оценка качества и технического уровня сложных систем. Практика применения экспертных оценок. М.: ЛЕНАНД. 2015. 350 с.
2. Ковалёв В.И., Ледаев А.П., Микони С.В., Якубчик П.П. Система оценки деятельности кафедр университета // Вестник Высшей школы. Alma Mater. 2002. №1. С.17-22.
3. Указ Президента Российской Федерации №548 от 14.11.2017. Об оценке эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации.
4. Keeney R.L., Raiffa H. Decisions with Multiple Objectives. Preferences and Value Trade-Offs. Preferences and Value Trade-Offs. Cambridge: Cambridge University Press. 1993. 569 pp.
5. Микони С.В. Теория принятия управленческих решений. Учебное пособие. –СПб.: Лань, 2015, 448 с.
6. Хованов Н. В. Анализ и синтез показателей при информационном дефиците. СПб., СПбГУ, 2011.
7. ИС СВирЬ. URL: <http://www.mcd-svir.ru>. Проверено 07.01.2020.
8. Рейтинг социально-экономического положения субъектов РФ по итогам 2015 года. URL: <https://riarating.ru/infografika/20160615/630026367.html>. Проверено 07.01.2020.

РАЗВИТИЕ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ANDROID

АННОТАЦИЯ

Проведен анализ средств информационной безопасности в операционной системе (ОС) Android 6.0 и старше, позволивший сделать вывод о том, что на сегодняшний день все еще существуют способы их обхода. Показано отсутствие ряда необходимых средств защиты информации, которые повысили бы защищенность информации владельца мобильного устройства. Представлен проект дополнительных средств информационной безопасности: средств аутентификации и идентификации пользователя мобильного устройства, работающего под управлением ОС Android, средств ограничения прав устанавливаемых приложений на доступ к различным объектам ОС и пользовательским данным, криптографических средств (шифрования пользовательских данных и снабжения передаваемой информации электронной подписью). Эффективность предложенных средств подтверждена их программной реализацией.

Ключевые слова – операционная система Android, информационная безопасность, идентификация и аутентификация, ограничение прав приложений, шифрование данных, электронная подпись

1. ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение информационной безопасности при использовании мобильных устройств основано на многоуровневом подходе к построению системы безопасности. В операционной системе (ОС) устройства должны присутствовать разнообразные средства защиты конфиденциальной информации, позволяющие защитить мобильное устройство от угроз различного рода. Такими средствами могут являться средства разграничения прав доступа приложений к объектам ОС и данным владельца устройства, средства идентификации и аутентификации владельца, криптографические средства, антивирусные программы.

Целью работы является разработка проекта специализированной ОС на базе ОС Android с расширенными средствами защиты информации. Для достижения поставленной цели будут решаться следующие задачи:

- 1) анализ средств информационной безопасности в ОС Android;
- 2) проектирование дополнительных средств аутентификации и идентификации пользователя мобильного устройства;
- 3) проектирование дополнительных средств ограничения прав устанавливаемых приложений на доступ к различным объектам ОС и пользовательским данным,
- 4) проектирование дополнительных криптографи-

ческих средств (шифрования пользовательских данных и снабжения передаваемой информации электронной подписью).

Для подтверждения эффективности предлагаемых дополнительных средств защиты должна быть выполнена их программная реализация.

2. АНАЛИЗ СРЕДСТВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ОС ANDROID

Для защиты от угроз безопасности информации пользователей мобильных устройств могут применяться следующие основные методы:

- блокировка устройства для защиты информации на нем в случае попадания устройства в руки злоумышленника;
- криптографические методы обеспечения конфиденциальности, целостности и подлинности информации в памяти мобильного устройства и передаваемой по сети;
- запрет использования коротких и простых паролей для генерации ключей шифрования персональных данных владельца устройства (паролей доступа к различным ресурсам, реквизитов банковских карт и т.п.);
- отслеживание поведения приложений, установленных владельцем устройства;
- установка на устройство приложений только из проверенных источников;
- использование политик безопасности (например, Exchange ActiveSync [1]) и средств антивирусной защиты;
- ограничение данных, которые можно передавать облачным сервисам.

Проанализируем средства ОС Android, реализующие указанные методы защиты информации. Для разблокирования устройства в этой ОС могут использоваться следующие способы:

- касание экрана;
- распознавание лица;
- распознавание лица и голоса;
- рукописная подпись;
- рисунок или графический ключ;
- PIN (средний или высокий уровень безопасности);
- пароль;
- «отпечаток» пальца.

Надежность использования пароля для разблокирования устройства может быть обеспечена только при его достаточной длине и сложности.

В документе Android Compatibility Definition Document [2] определены требования к датчикам

отпечатков пальцев, которым обязаны следовать все производители. Среди этих требований:

- уровень ложноположительных срабатываний менее 0,00002;
- уровень ложноотрицательных срабатываний менее 0,1;
- 30-секундная задержка после 5 неудачных попыток разблокировки;
- обязательное шифрование данных отпечатков таким образом, чтобы доступ к ним невозможно было получить за пределами доверенной зоны Trusted Execution Environment (TEE) [3] согласно Android Open Source Project [4];
- невозможность добавления отпечатка без установления доверенной цепочки (пользователь должен добавить или верифицировать PIN или пароль через TEE согласно Android Open Source Project);
- невозможность для сторонних приложений различать отдельные отпечатки.

Начиная с версии 4.0, в ОС Android входит средство шифрования памяти устройства на случайном 128-битном ключе. Для шифрования используется алгоритм симметричного шифрования AES в режиме шифрования CBC [5]. Случайный мастер-ключ шифрования данных шифруется другим ключом, выводимым из пароля (точнее парольной фразы) или PIN-кода с помощью функции хеширования SHA256 с использованием 128 бит случайной примеси в соответствии со стандартом PBKDF2 [6]. Случайный ключ и начальный вектор генерируются по методу Encrypted salt-sector initialization vector (ESSIV) [7].

Использование функции шифрования требует установки пароля для разблокировки устройства длиной не менее 6 символов (из них не менее одной цифры).

В ОС Android 6.0 существенно изменилась политика разрешений для устанавливаемых приложений: только опасные разрешения требуют пользовательского подтверждения. Приложение должно попросить пользователя предоставить потенциально опасные разрешения во время своего выполнения.

В категорию потенциально опасных разрешений входят девять групп разрешений, которые так или иначе связаны с безопасностью данных пользователя. В свою очередь, каждая из групп содержит несколько разрешений, которые может запрашивать приложение.

Использование функции Factory Reset Protection (FRP) в ОС Android обеспечивает дополнительную защиту данных пользователя в случае кражи устройства: любое действие, направленное на сброс данных или смену программного обеспечения, приведет к запросу пароля и адреса электронной почты учетной записи владельца устройства в облачном сервисе (например, Google), заданных при инициализации функции FRP [8].

В ОС Android 7.0 средства информационной безопасности получили дальнейшее развитие. Функция Direct Boot использует преимущества двух

хранилищ с зашифрованными данными: в первое хранилище включаются данные системных файлов Android и приложений, а во второе все остальные данные. Второе хранилище становится доступным только после разблокирования устройства владельцем. Каждый профиль владельца шифруется с помощью уникального ключа, который выводится из PIN-кода или пароля пользователя [9].

Основные недостатки средств защиты информации в ОС Android:

- возможность для владельца устройства разрешить (с помощью системы Smart Lock) его автоматическую разблокировку дома, с помощью доверенного устройства Bluetooth, по снимку лица;
- отсутствие возможности запрета на использование приложениями так называемых обычных разрешений и недостаточная детализация потенциально опасных разрешений.

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В ОС ANDROID

Для усиления механизма идентификации и аутентификации владельца устройства при его разблокировке предлагается совместно использовать пароль и отпечаток пальца. Это также даст пользователю возможность ввода пароля для работы «под принуждением», когда разблокировка осуществляется владельцем устройства недобровольно. При этом доступ к конфиденциальной информации владельца и приложениям для работы с такими данными будет невозможен.

Предполагается, что после реализации данного предложения владельцу устройства потребуется задать два пароля: пароль для «обычного» входа в устройство, пароль для входа «под принуждением».

Также пользователю будут предоставлены следующие возможности:

- возможность настраивать под свои требования ограничения на минимальную длину и сложность пароля;
- возможность выбрать приложения, которые необходимо будет блокировать в случае входа в устройство «под принуждением»;
- возможность отключить разблокировку устройства методом, предоставленным разработанным приложением, если пользователю не требуется дополнительная защита его устройства.

Также предлагается внести следующие изменения в существующую систему управления разрешениями устанавливаемых на устройстве приложений:

- при установке приложений уведомлять пользователя обо всех разрешениях приложения, в том числе и из категории обычных;
- позволять пользователю отзываться не только разрешения из категории опасных, но и из категории обычных;
- при одобрении разрешения из категории опасных, относящегося к некоторой группе, приложение получает только одобренное пользователем раз-

решение, а остальные разрешения из этой группы не одобряются приложению автоматически.

Заметим, что при реализации предложенных изменений не потребуется вносить какие-либо изменения в файл манифеста устанавливаемого приложения.

При установке приложений будут отображаться два списка разрешений: необходимые разрешения из категории обычных и разрешения из категории опасных. Другие изменения интерфейса при установке приложения не потребуются.

Что касается интерфейса для предоставления пользователю возможности отзыва или возвращения разрешения приложению, то в нем дополнительно потребуется отображать список разрешений из категории обычных. Также потребуется отображать не только группу разрешений из категории опасных, что уже реализовано в ОС Android, но и предоставить пользователю список всех разрешений, входящих в данную группу. Таким образом, пользователь сможет разрешить только конкретное разрешение из категории опасных.

Для повышения стойкости шифрования пользовательских данных на мобильном устройстве, в том числе и передаваемых по сети, предлагается внести следующие изменения:

- добавить поддержку нескольких алгоритмов шифрования, например алгоритма Triple DES и российских алгоритмов симметричного блочного шифрования из ГОСТ Р 34.12-2015;
- добавить возможность выбора длины ключа, применяемого для шифрования данных при использовании алгоритма AES;
- для каждого блока шифруемых данных использовать свой уникальный ключ;
- каждый такой уникальный ключ шифровать ключом, полученным из пользовательского пароля или PIN-кода.

При реализации этого предложения владелец устройства будет иметь возможность задать ограничения на минимальную длину и сложность парольной фразы, используемой для генерации ключа шифрования и расшифрования данных.

Для обеспечения дополнительной защиты передаваемой с устройства информации предлагается использовать электронную подпись. Это позволит осуществлять проверку на отсутствие искажения информации в переданном документе с момента формирования подписи (целостность), принадлежность документа владельцу сертификата открытого ключа подписи (авторство), а в случае успешной проверки подтвердить факт подписания им переданного документа (неотказуемость).

Предлагается использовать схемы построения электронной подписи на основе алгоритмов асимметричного шифрования (например, алгоритма RSA или российского алгоритма электронной подписи, определенного в ГОСТ Р 34.10-2012).

Потребуется реализовать два процесса: подпись передаваемой информации и проверка подписи под полученным документом. Также необходимо будет

реализовать вызов хеш-функции для вычисления хеша передаваемой информации перед ее подписанием.

Для получения сертификата открытого ключа пользователя, который необходим для проверки подписи под полученным документом, предлагаются следующие варианты:

- использование удостоверяющих центров и инфраструктуры открытых ключей [10] (вариант для владельцев устройств, являющихся пользователями корпоративных информационных систем);
- использование сети взаимного доверия владельцев устройств (вариант для частных пользователей).

Необходимо также обеспечить защиту закрытого ключа владельца устройства с помощью шифрования ключа. Для доступа к закрытому ключу потребуется ввод парольной фразы для него расшифрования. Предлагается также добавить возможность экспорта зашифрованного закрытого ключа.

Функция экспорта закрытого ключа может потребоваться в случае кражи или потери устройства, чтобы сохранить для пользователя доступ к закрытому ключу электронной подписи с другого устройства.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Для подтверждения эффективности предложенных средств защиты была выполнена их программная реализация. Для этого были использованы интегрированная среда разработки Android Studio и объектно-ориентированный язык программирования Java. Для реализации шифрования пользовательских данных и средств электронной подписи передаваемых данных использовался пакет `javax.crypto` [11].

Разработано программное средство для задания пароля входа в устройство с возможностью определения ограничений на минимальную длину и сложность пароля и задания пароля для входа в систему «под принуждением». Возможен выбор одного из трех уровней сложности пароля: минимального (наличие прописных и строчных букв), среднего (наличие строчных и прописных букв, а также цифр) и максимального (наличие строчных и прописных букв, цифр и специальных знаков). Для реализации режима входа «под принуждением» был создан сервис, обеспечивающий блокировку выбранных приложений при попытке доступа к ним в этом режиме. Выбор одного и того же пароля для обычного входа и входа «под принуждением» невозможен.

Было разработано программное средство ограничения прав устанавливаемых приложений на доступ к различным объектам ОС и пользовательским данным, которое может использоваться для просмотра и отзыва разрешений. При этом разрешения приложения отображаются в двух разных

списках: опасных и обычных разрешений.

Разработано программное средство криптографической защиты конфиденциальных пользовательских данных, с помощью которого владелец устройства может шифровать и расшифровывать отдельные файлы. Параметры настройки шифрования включают в себя выбор алгоритма и режима блочного шифрования, длины ключа шифрования, минимальной длины и сложности парольной фразы для генерации ключа шифрования.

Было создано программное средство снабжения информации электронной подписью, которое владелец устройства может использовать для подписи передаваемой (сохраняемой) информации и для проверки подписи под полученными (считанными) файлами. Разработанное средство обеспечивает генерацию пары ключей электронной подписи и задание парольной фразы для генерации ключа шифрования закрытого ключа владельца устройства.

Результаты тестирования реализованных средств позволили сделать вывод, что предлагаемые средства повышения безопасности использования устройств, работающих под управлением ОС Android, удобны для пользователя и обеспечивают дополнительную защиту его информации.

5. АНАЛИЗ НОВИЗНЫ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

К преимуществам использования результатов, представленных в данной статье, относится предоставление владельцам мобильных устройств дополнительных возможностей по обеспечению защищенности информации, размещенной на их устройствах и отправляемой с них:

- 1) Возможность реализации входа в устройство «под принуждением» для скрытия наличия на нем ценной информации.
- 2) Возможность независимого управления паролями (их минимальной длиной и сложностью), используемыми для аутентификации владельца устройства, шифрования и электронной подписи ценной информации на устройстве.
- 3) Возможность включения криптографической защиты на уровне отдельных пользовательских файлов.
- 4) Возможность более «тонкой» настройки прав приложений, устанавливаемых владельцем устройства, с функциями просмотра и отзыва таких прав уже после установки приложения.

Указанные дополнительные средства обеспечения информационной безопасности при использовании мобильных устройств не имеют известных аналогов для ОС Android и допускают относительно простую программную реализацию.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе представлены дополнительные сред-

ства защиты информации, необходимые при развитии средств безопасности в ОС Android. Предложены методы усиления уже существующих средств защиты (ограничение прав приложений на доступ к различным объектам ОС, шифрование пользовательских данных). Предложены дополнительные средства безопасности, которые помогут предотвратить доступ к конфиденциальной информации пользователя в случае кражи или потери устройства, а также в случае входа в устройство «под принуждением». Представлены основные возможности и функции предлагаемых дополнительных средств защиты информации.

Результаты проведенного тестирования разработанных программных средств подтвердили их эффективность и удобство использования для владельцев мобильных устройств.

Результаты, представленные в этой статье, используются при проведении лабораторных и практических занятий по дисциплинам «Защита данных» и «Криптографические методы защиты информации» учебного плана подготовки бакалавров по направлению «Прикладная математика и информатика».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Что такое Exchange ActiveSync?** // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://it-connection.ru/?p=654> (дата обращения 01.11.2019).
2. **Android Compatibility Definition Document** // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://source.android.com/compatibility/cdd> (дата обращения 01.11.2019).
3. **Защищенные среды мобильных устройств** // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.osp.ru/os/2014/08/13043488> (дата обращения 01.11.2019).
4. **About the Android Open Source Project** // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://source.android.com/> (дата обращения 01.11.2019).
5. **Хорев П.Б.** Криптографические интерфейсы и их использование. М.: Горячая линия-Телеком, 2007. 278 с.
6. **Стандарт PBKDF2** // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://defcon.ru/cryptography/485/> (дата обращения 01.11.2019).
7. **Disk encryption theory** // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://wiki2.org/en/Disk_encryption_theory (дата обращения 01.11.2019).
8. **Factory Reset Protection: новый подход к защите персональных данных в Android** // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/mvideo/blog/393373/> (дата обращения 01.11.2019).
9. **Keeping Android safe: Security enhancements in Nougat** // [Электронный ресурс]. – <https://security.googleblog.com/2016/09/keeping-android-safe-security.html> (дата обращения 01.11.2019).
10. **Горбатов В.С., Полянская О.Ю.** Основы технологии PKI. М.: Горячая Линия-Телеком, 2011.
11. **Package javax.crypto** // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/javax/crypto/package-summary.html> (дата обращения 01.11.2019).

Секция 3

ИТ В ИНЖЕНЕРНЫХ
РАСЧЕТАХ И ПРОЕКТИРОВАНИИ
ОБЪЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
И ЭНЕРГЕТИКИ

ПРИМЕНЕНИЕ ИТ ПРИ ИЗУЧЕНИИ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОСВЕЩЕНИЯ НА БАЗЕ ПРОГРАММЫ DIALUX

АННОТАЦИЯ

В данной статье дан краткий обзор программ для автоматизированного проектирования систем электроснабжения. Рассмотрен опыт применения в образовательном процессе программы светотехнического расчёта DIALux, которая является важным инструментом инженера-проектировщика. В статье представлен пример задания, которое поможет студентам ознакомиться с этой программой и освоить её базовый функционал, алгоритм решения светотехнической задачи.

Ключевые слова – электроснабжение, автоматизированное проектирование, программное обеспечение, светотехника, уровень освещённости, светильник

1. ВВЕДЕНИЕ

Очень трудно представить современное проектирование электроснабжения, в частности, осветительных сетей, без применения автоматизации. Используя компьютерные технологии для расчёта и построения сетей, можно значительно ускорить процесс проектирования, а также уменьшить материальные затраты.

На данный момент разработано немало количество программ, осуществляющих как локальные задачи в проектировании электроснабжения, так и комплексные расчёты. Так программы Autodesk для проектирования электросетей и электрических управляющих систем дают возможность проектировщикам решить конкретные задачи. Программное обеспечение AutoCAD Electrical предоставляет полный набор функций САПР для проектирования электросетей.

Программа NanoCAD Электро разработана для автоматизированного проектирования электроснабжения силового оборудования, наружного и внутреннего освещения объектов. Она содержит в себе все инструменты, необходимые для создания проектов, а именно есть возможность выполнять векторное редактирование, создавать любые таблицы и векторные примитивы, осуществлять настройку рабочей среды, применять различные инструменты для повышения точности редактирования и многое другое. Программа реализует принцип Open BIM проектирования: построение единой информационной модели здания. Выполненные в программе модели электрических сетей встраиваются в общую модель на любой платформе BIM проектирования: ArchiCAD, Revit или Allplan. С программой поставляются базы данных электротехнического оборудования компаний-партнёров «Нанософт», также можно встраивать в базы обо-

рудование других производителей. Программа имеет графический интерфейс, максимально приближенный к интерфейсу классических САПР, что не всегда является плюсом, поскольку системные требования к компьютерам достаточно высоки: для устойчивой работы программы рекомендуется процессор с тактовой частотой 3 ГГц и оперативная память 8 Гб и выше, а также большой объём дисковой памяти для установки – 3 Гб и более. Основными достоинствами можно считать следующее:

- интуитивно понятный интерфейс;
- поддержка формата .dwg;
- российская разработка с соответствующими стандартами.

Программный комплекс ETAP разрабатывался для выполнения расчётов при проектировании, а также для эффективной эксплуатации электроэнергетических систем. Этот комплекс предлагает мощный и максимально полный набор инструментов для анализа и управления энергосистемами. Встроенные расчётные модули:

- допустимая токовая нагрузка кабелей;
- определение параметров кабелей;
- определение параметров трансформаторов;
- характеристики ЛЭП.

Базовый пакет ETAP включает интеллектуальные однолинейные схемы, редакторы элементов, менеджер конфигураций, отчёты, мастер проектов и расчётов, многомерную базу данных, управление темами и доступом пользователей. Встроенные модули, производящие расчёт допустимой токовой нагрузки и параметров кабелей, а также параметров ЛЭП, предоставляют возможность как отдельного их использования, так и интеграции с другими модулями для проектирования, анализа и выбора параметров оборудования.

CSoft Development представляет более 40 разработок — начиная от полнофункциональных приложений, которые продаются в более чем 60 странах мира, и заканчивая комплексными системами для промышленных предприятий и проектных организаций. В качестве примера можно отметить такие модули, как система ElectricCS ADT, предназначенная для автоматизированного проектирования систем электроснабжения промышленных предприятий и других организаций. Программный пакет ElectricCS 3D предназначен для автоматической и интерактивной раскладки кабелей различного назначения при проектировании, реконструкции и эксплуатации зданий, сооружений и открытых территорий. Система ElectricCS Light предназначена

для светотехнических расчетов при проектировании осветительных установок промышленных предприятий.

«Кад Групп» предлагает программные модули для инженерных коммуникаций, в том числе программы для электротехнических расчетов, такие как:

- **ElectriCA** — программный комплекс предназначен для автоматизации выполнения работ на этапах проектирования и эксплуатации распределительных сетей низкого и среднего напряжения.
- **ElectriCS** — САПР предназначен для проектирования электрооборудования, используемого в различных отраслях промышленности: в авиастроении, общем и транспортном машиностроении, станко- и приборостроении.
- **ElectriCS 3D** — мощная система для автоматизированной раскладки кабелей на промышленных и других предприятиях.

Помимо больших программных комплексов, распространены программы для решения отдельных задач проектирования систем электроснабжения. Например, различные версии программы «Электрик». Программа «Электрик» позволяет осуществлять многие вычисления, необходимые для электропроекта. Одно из наиболее полезных свойств – возможность рассчитать токи короткого замыкания. Кроме того, с помощью программы «Электрик» специалисты могут: определить диаметр любого кабеля и провода, проверить выбранное сечение на нагрев и потери напряжения, определить количество выделяемой теплоты, рассчитать заземление, подобрать необходимое оборудование, вычислить стоимость киловатта, произвести светотехнический расчет и т. д.

Полнофункциональная программа «Аврал 2.1» предназначена для расчета тока короткого замыкания в сетях с глухозаземленной нейтралью напряжением ~ 380/220 В. Расчеты, выполненные в «Аврал 2.1», соответствуют требованиям стандартов по расчету токов КЗ в сетях до 1 кВ [1]. В этой программе заложены некоторые значения сопротивлений основных элементов сети (трансформаторов, кабельный и воздушных линий).

Особую роль в проектировании электроустановок может занимать пакет прикладных программ MATLAB от MathWorks. Функционал данного пакета весьма широк. Построенный на базе высокоуровневого интерпретируемого языка программирования, MATLAB позволяет, в частности, моделировать электроустановки и их работу в системах электроснабжения. Для этого, например, можно использовать в графической среде имитационного моделирования Simulink библиотеку SimPowerSystems. Грамотно построенная модель может дать результаты, которые обычно сложно получить ручными расчетами. Также программа позволяет относительно быстро и легко проверять трудоёмкие расчеты путём компьютерного моделирования. Например, моделирование сетей с феррорезонан-

сом осуществимо в программе довольно легко с моделью нелинейного элемента, когда на практике для расчетов феррорезонансных контуров приходится применять множество методов расчета, в т.ч. графических. Отметим, что функционал MATLAB можно расширять и пользователю – используя соответствующий язык программирования. Таким образом, помимо инженеров и научных работников, это мощное и гибкое средство может использоваться студентами в образовательных целях.

В проектировании освещения лидирующую позицию занимает программа DIALux [2], поэтому на кафедре ЭППЭ в НИУ МЭИ на базе этой программы проводятся лабораторные работы с целью обучения магистров 1 курса автоматизированным светотехническим расчетам.

2. СВЕДЕНИЯ О ПРОГРАММЕ

DIALux – программа для расчета и моделирования как наружного, так и внутреннего освещения. Она разрабатывается с 1994 года немецким Институтом прикладной светотехники (DIAL GmbH), отсюда её название. Стоит отметить, что данная программа является бесплатной для распространения, что, несомненно, является одним из её значимых плюсов. Этот программный продукт учитывает все требования к моделированию и расчету освещения. Эта программа также будет полезна студентам электротехнических специальностей, дизайнерам интерьера.

Среди многочисленных достоинств DIALux стоит выделить следующие:

- простота в использовании;
- бесплатное распространение;
- учёт многих факторов, оказывающих влияние на светотехнический расчет (геометрия помещения, цвет внутренней отделки, расположение, форму предметов и многое другое);
- возможность работы с файлами других типов (.dwg и .dxf) как на экспорт, так и на импорт;
- постоянное введение обновлений;
- русифицированность.

Все светотехнические расчеты, осуществляемые DIALux, основаны на методе коэффициента использования светового потока и точечном методе. Благодаря этой программе пропадает надобность в поисках и сборе большого числа справочных данных, технических характеристиках применяемых осветительных установок. Также снижается вероятность ошибки и погрешности при расчетах. Правильное освещение рабочего пространства сильно влияет как на зрительный анализатор человека, так и на общее самочувствие и работоспособность в целом. DIALux позволяет оценить уровень освещённости не только в расчетной точке, но и в каждой точке рабочей поверхности. Программа принимает во внимание световой поток, отражённый от стен, потолка, объектов, расположенных внутри помещения, что повышает точность расчета.

Существуют две версии приложения DIALux evo и DIALux light. Разница между ними заключается лишь в том, что последняя является упрощённым вариантом, иными словами, разработана для новичков в этой сфере, а первая – для опытных проектировщиков освещения.

При проектировании систем освещения в программе DIALux применяются базы используемых светильников, которые многие крупные производители размещают на своих сайтах. Благодаря этому появляется возможность сформировать актуальные базы технических характеристик светильников, находящихся в наличии.

Стоит отметить, что эта программа даёт возможность контролировать уровень освещённости как в некоторых расчётных точках, так и по всей освещаемой поверхности. Высокая точность и простота в проектировании позволяют в кратчайшие сроки подобрать наиболее оптимальные источники света. Также появляется целесообразность в сравнении приблизительно схожих вариантов. Без применения компьютерных технологий это было бы невозможно, ведь ручной светотехнический расчёт довольно трудоёмкий, высока и вероятность ошибки, большой погрешности.

Профессионал, используя данную программу, способен решить немало задач разного уровня сложности, спроектировать в соответствии с современными стандартами освещение наружных и внутренних стен, также получить фотореалистичскую визуализацию проекта. Именно потому необходимо использовать DIALux в процессе обучения будущих проектировщиков освещения.

Далее приведём пример внедрения этой программы в образовательный процесс в качестве лабораторной работы.

3. ПРИМЕР ЗАДАНИЯ И ЕГО ВЫПОЛНЕНИЕ

Студентам предлагается спроектировать систему освещения одного из отделений цеха промышленного предприятия. В качестве исходных данных используются: геометрические размеры помещения (24,3x28,0x6,0 м), высота рабочей поверхности над полом (0,8 м) и высота подвеса светильников (0,8 м), нормируемая освещённость ($E_{норм} = 300$ лк), которая определяется по нормативным документам [3, 4].

По высоте подвеса делается вывод о надобности установки светильников с косинусной (Д) кривой силы света. Далее подбирается светильник (рис. 1) с требуемыми параметрами по каталогам, предложенным производителями (HB LED 150 D80 5000K, $\Phi_{лампы} = 16600$).

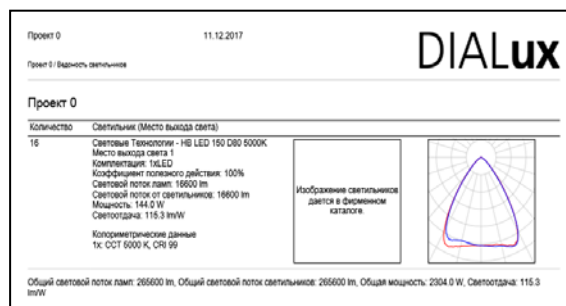


Рис. 1. Характеристики выбранного светильника

В DIALux строится модель помещения, учитывая геометрические размеры, наличие окон, коэффициенты отражения, преломления и поглощения светового потока стенами и другими поверхностями.

Далее с сайта производителя скачиваются файлы с параметрами выбранного светильника и загружаются в программу. В них отражены световой поток, тип кривой силы света, геометрические размеры, коэффициент полезного действия, потребляемая мощность, светоотдача.

Затем осуществляется расчёт количества светильников, которые программа по алгоритму равномерно распределяет по потолку помещения. Производится отображение визуальной световой модели, по которой можно оценить соответствие разработанной модели условиям технического задания.

Заключительная часть содержит составление документации, которая описывает выбранные модели светильников, их количество и расположение, распределение освещённости в цветовом (рис. 2) и цифровом отображении (рис. 3).

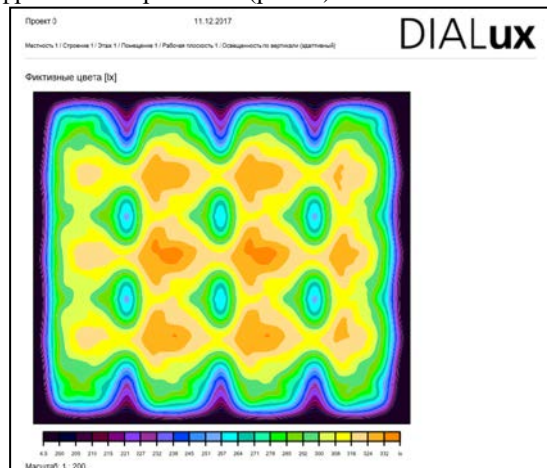


Рис. 2. График распределения освещённости модели в цветовом отображении

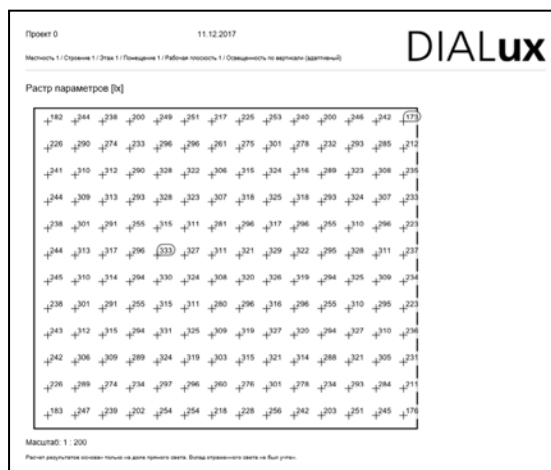


Рис. 3. График распределения освещённости модели в цифровом отображении

4. ПОДГОТОВКА К ЗАНЯТИЮ

Студенты вычерчивают в программе AutoCAD план цеха с указанием расположения оборудования, что является исходными данными для расчёта освещения в программе DIALux и выбирают на основании нормативных документов уровни освещённости и цветопередачи для различных помещений. По условиям задания, студенты вручную выполняют светотехнический расчёт в двух различных отделениях цеха, а затем считают в программе и сравнивают полученные результаты. С помощью программы рассчитываются все остальные помещения.

5. ПЛАН ЗАНЯТИЯ

Занятие рассчитано на 2 академических часа. За это время студенты должны ознакомиться с основными инструментами изучаемой программы и спроектировать освещение по индивидуальному заданию.

6. ЗАЩИТА РАБОТЫ

На основе отчёта осуществляется проверка равномерности распределения света по рабочей поверхности и уровней освещённости во всех точках пространства. Защита состоит из теоретических вопросов о светотехнике и светотехнических величинах, о функционале исследуемой программы и из сравнения полученных данных с ручным расчётом.

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, программа DIALux является достаточно эффективным средством для решения многочисленных задач по расчёту и разработке наружного и внутреннего, естественного и искусственного освещений. Именно поэтому было принято решение о работе по обучению данной программе студентов.

По итогам можно быть уверенным, что студенты, успешно выполнившие и защитившие работу, овладели базовыми навыками использования DIALux и смогут самостоятельно в дальнейшем решать поставленные светотехнические задачи с помощью данной программы.

Также хочется отметить, что привлечение студентов старших курсов, в том числе магистров, к данному мероприятию является несомненным плюсом как для студентов, которые получают знания в ходе работы, так и для тех, кто делится своим опытом. Во-первых, преграда «ученик – преподаватель» стирается, потому что разница невелика, и магистру найти подход к своим младшим коллегам значительно проще, чем преподавателям. Во-вторых, такая работа поможет выявить пробелы в знаниях студентов 5 и 6 курсов. И наконец, это бесценный опыт преподавания для магистров, особенно для тех, кто планирует поступать в аспирантуру.

Студентам также предоставляется возможность выполнить светотехнический расчёт или технико-экономическое сравнение курсового проекта в программе DIALux.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **ГОСТ 28249-93.** Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчёта в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ. – М.: Изд. стандартов, 1994. – 42 с.
2. **Аналитический обзор программных продуктов автоматизированного проектирования систем освещения / А. А. Астапова, К. В. Хацевский // Сборник научных трудов [Текст]: Сост. В. В. Столяров. — Омск: ОИВТ, 2016. – 108 с.**
3. **ГОСТ Р 55710-2013.** Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений. – М.: Стандартинформ, 2016. – 20 с.
4. **СП 52.13330,2016.** Естественное и искусственное освещение. – М.: Стандартинформ, 2017. – 102 с.
5. **Яковлев А.Н., Гречкина Т.В.** Расчёт освещения и проектирование осветительных установок для внутреннего освещения зданий с использованием программного комплекса DIALux. – Томск: Изд. ТПУ, 2007. – 14 с.
6. **Программа DIALux** против ручных методов расчёта освещения [Электронный ресурс] // Сайт компании «МДМ-Лайт». – Режим доступа: www.mdm-light.ru/publications/articles/768 (10.11.2019)
7. **Алгоритм проектирование электроосвещения с помощью программного продукта DIALux / Руди Д.Ю., Коровин Д.А., Потапов А.С., Рублёва Е.С. // Молодой учёный. – 2018. – № 48. – С. 41-43**

ПРИМЕНЕНИЕ ОБЩЕЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ (СІМ) ДЛЯ ОБМЕНА ДАННЫМИ МЕЖДУ СИСТЕМОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ И ПРОГРАММНЫМ КОМПЛЕКСОМ PSS SINICAL

АННОТАЦИЯ

В статье описан опыт передачи модели структурной схемы тепловой станции, разработанной системой автоматизированного проектирования, в программный комплекс PSS Sincal для последующих расчетов токов короткого замыкания и надежности. Кроме топологии структурной схемы и параметров элементов, также передается информация о визуальном отображении схемы и взаимном положении элементов на ней. Передача данных осуществляется в соответствии с общей информационной моделью (СІМ), описанной в МЭК 61970-301. Непосредственно данные передаются с помощью xml-файла, структура которого определена в МЭК 61970-501 и МЭК 61970-552. Графическое представление схемы передается в рамках модели МЭК 61970-453.

Ключевые слова – САПР, СІМ, МЭК 61970, ТЭС, PSS Sincal

1. ВВЕДЕНИЕ

Проектирование электрических станций и подстанций включает в себя набор связанных задач решаемых с применением программных продуктов от разных разработчиков. Каждая из таких программ, имеет свой внутренний, часто закрытый, формат представления данных, и передача результатов, полученных в одной программе, в другую – это сложная и трудоемкая задача.

Конкуренция между разработчиками программного обеспечения делает задачу разработки единого формата не только сложной, но и экономически не оправданной. С другой стороны, пользователи программного обеспечения заинтересованы в использовании открытого и единого представления данных в разных областях электроэнергетики, так как это позволит избежать дублирования данных при решении разных расчетных задач, облегчить переход с одного программного решения на другой и так далее.

В 1995 году появились первые упоминания о формате Common Information Model (СІМ) или общей информационной модели, а в 1996 году ответственность за разработку СІМ принял на себя технический комитет 57 (ТК57) международной электротехнической комиссии (МЭК). В настоящее время работу над стандартами, описывающими СІМ и его применение, ведут как минимум три рабочие группы ТК57, разработано семейство стандартов МЭК 61970, базовым из которых является МЭК 61970-301, а также ряд других.

Начиная с 2014 года в Европе ограничено внедрение ПО в области электроэнергетики, не поддерживающего стандарт СІМ. В России в 2014 году ОАО «Россети» включили совместимость с форматом СІМ в «Типовые функциональные требования к автоматизированным системам оперативно-технологического и ситуационного управления».

Несмотря на такую поддержку, СІМ, в силу повышенной сложности модели, её универсальности, многогранности, необходимости разрабатывать профили для реального применения и так далее, повсеместного распространения не получила. Одна из областей, в которой СІМ используется наиболее широко, является диспетчерское управление режимами работы энергосистемы и обмен данными между диспетчерскими управлениями Европы, так как именно с решения этих задач и началось развитие СІМ. Еще одна область, в которой СІМ получил распространение – SCADA системы различных объектов электроэнергетики.

Далее в статье описан опыт применения СІМ для передачи данных из системы автоматизированного проектирования (САПР) тепловой электростанции в программное обеспечение PSS Sincal, для дальнейшего расчета токов короткого замыкания и расчетов надежности.

2. САПР СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ТЕПЛОВОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Выбор структурной схемы тепловой электрической станции (ТЭС) предполагает несколько этапов. На первом этапе намечают различные варианты схемы, далее часть из них отсеивают по соображениям возможности технической реализации, и на последнем этапе окончательный вариант выбирают на основании технико-экономического сопоставления оставшихся вариантов.

При технико-экономическом сопоставлении, для каждого варианта решают задачу выбора типа и мощности блочных трансформаторов, автотрансформаторов связи, рассчитывают издержки, математическое ожидание ущерба. Для решения этих подзадач требуется осуществлять многократно расчет токов короткого замыкания и показателей надежности. САПР позволяет решать эти задачи в полуавтоматическом режиме, однако, расчет токов короткого замыкания и показателей надежности является специфической задачей, решение которой целесообразно возложить на специализированные

программные комплексы, примером такого комплекса является PSS Sincal, который позволяет экспортировать и импортировать расчетные схемы в соответствии с CIM, посредством XML-RDF формата.

Основным инструментом реализации САПР является язык программирования Python, для которого существует несколько библиотек облегчающих создание и чтение файлов в XML-RDF формате содержащих данные CIM. Одна из них – PyCIM, распространяемая под свободной лицензией в виде открытых исходных кодов и разрабатываемая сообществом.

Таким образом для расчетов токов короткого замыкания и показателей надежности вариантов структурных схем ТЭС, данные о каждом варианте структурной схемы, посредством библиотеки PyCIM, сохраняются в формате XML-RDF файла в соответствии с CIM и передаются в стороннее программное обеспечение PSS Sincal, разрабатываемое компанией Siemens. Также, для визуального контроля схем со стороны пользователя, передается графическое представление варианта структурной схемы, для чего также использована CIM.

3. ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ (CIM)

Общую информационную модель описывает серия стандартов МЭК 61970. Основные положения и базовые классы модели описаны в МЭК 61970-301. Для описания модели использован унифицированный язык моделирования (UML) – язык графического описания, который описывает набор пакетов. Каждый пакет – это описание совокупности логических, либо физических элементов модели сходных по области применения. На рис.1 показана общая схема пакетов и их взаимосвязи, где стрелка, исходящая из пакета, указывает на пакет, от которого он зависит. Так пакет LoadModel, предназначенный для моделирования потребителей электроэнергии и системной нагрузки, зависит от пакета Wires, моде-

лирующего информацию о характеристиках сетей передачи и распределения. Разделение модели на пакеты осуществлено лишь для удобства понимания и использования, и элементы, входящие в разные пакеты, могут иметь между собой связи. Пакеты содержат в себе классы, которые описывают реальные объекты, их связи и прочее. К примеру, классами пакета Wires являются, унаследованные от общего класса Connecting equipment: Breaker, Disconnector, Fuse и другие. Классы имеют атрибуты, необходимые для описания характеристик объектов. Связь между классами в CIM может быть представлена несколькими способами: обобщение, ассоциация, композиция, агрегация.

Общая информационная модель позволяет создавать графическое представление электрической схемы, что удобно в процессах эксплуатации и проектирования. Основы реализации графического представления описаны в МЭК 61970-453. Логика визуализации схемы заключается в создании графического полотна посредством класса Diagram, на котором размещаются описанные ранее элементы с помощью класса DiagramObject. Координаты размещения объектов на полотне задаются классом DiagramObjectPoint. Дополнительными настройками являются стиль отображения и слои, в которых регулируется толщина линий, цвет, размеры надписей. Перечисленные выше классы собраны в отдельном пакете Graphics.

Наибольшее распространение при передаче данных CIM получил формат XML-RDF. Принципы и структуру построения XML-RDF файла описывают части 501 и 552 МЭК 61970. XML-документ представляется как набор контейнеров, хранящих в себе информацию о каком-либо объекте. Весь XML-документ разделяется на пролог, в котором обозначается версия стандарта XML и используемая кодировка, и корневую часть, т.е. контейнеры с размещенными в них элементами и их атрибутами. Элементами корневой части в случае CIM являются классы.

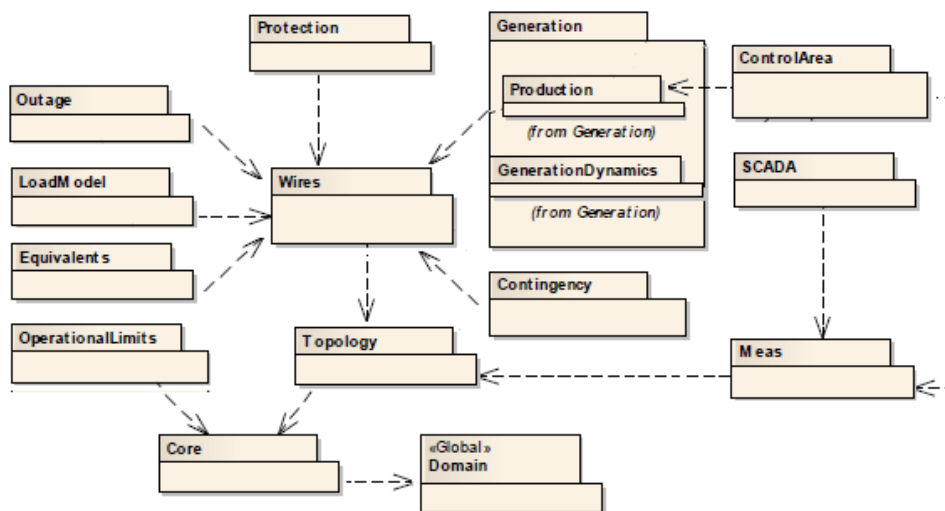


Рис.1. Общая схема пакетов CIM

RDF – язык для описания метаданных. Это способ обозначить связь между элементами разных классов CIM и их атрибутами. Такая связь необходима, например, при создании топологии, графическом представлении схемы. Идентификация каждого объекта в RDF осуществляется с помощью атрибута RDF:ID. В качестве идентификатора (ID) часто выступает UUID – универсальный уникальный идентификатор, представляющий собой 36-символьный номер в шестнадцатеричной системе счисления. На рис.2 показан пример части XML-RDF файла.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<rdf:RDF
  xmlns:cim="http://iec.ch/TC57/2009/CIM-schema-cim14#"
  xmlns:profile="http://www.entsoe.eu/2009/profile1_v14#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:md="http://iec.ch/TC57/61970-552/ModelDefinition/1#"
  xmlns:sin="http://www.simtec.cc/cim/sincal-cim-rdf-syntax#">
  <cim:BaseVoltage rdf:ID="DC277730871411E9865B140681001487">
    <cim:BaseVoltage.isDC>false</cim:BaseVoltage.isDC>
    <cim:BaseVoltage.nominalVoltage>10.000000000</cim:BaseVoltage.nominalVoltage>
  </cim:BaseVoltage>
  <cim:BaseVoltage rdf:ID="DC277730871411E9865B140681001487">
    <cim:BaseVoltage.isDC>false</cim:BaseVoltage.isDC>
    <cim:BaseVoltage.nominalVoltage>0.660000000</cim:BaseVoltage.nominalVoltage>
  </cim:BaseVoltage>
```

Рис.2. Пример части XML-RDF файла

4. ПРИМЕР ОБМЕНА ДАННЫМИ CIM

4.1. Описание электроустановки

Для иллюстрации процесса обмена рассмотрим передачу одного из вариантов структурной схемы из САПР в PSS Sincal. В рассматриваемом варианте схема представлена 4-я энергоблоками, подключенными к распределительному устройству (РУ) напряжением 500 кВ и выдающих мощность в энергосистему по двум воздушным линиям электропередач. Энергоблоки однотипны и включают в себя генератор и блочный трансформатор.

Приняты нижеследующие параметры оборудования.

Генератор:

- тип «ТВВ-320-2ЕУ3»;
- номинальная мощность - 320 МВт;
- номинальное напряжение – 20 кВ;
- коэффициент мощности – 0,85;
- синхронное индуктивное сопротивление по продольной оси – 1,696;
- переходное индуктивное сопротивление по продольной оси – 0,258;
- сверхпереходное индуктивное сопротивление по продольной оси – 0,173.

Трансформатор:

- тип «ТДЦ-400000/500»
- номинальная мощность - 400 МВА;
- номинальное напряжение обмотки ВН – 525 кВ;
- номинальное напряжение обмотки НН – 20 кВ;
- схема соединения обмоток – Y_n/Δ -11;
- потери холостого хода – 315 кВт;
- напряжение короткого замыкания – 13%.

Воздушная линия:

- длина – 200 км;

- активное сопротивление прямой последовательности – 22 Ом;
- индуктивное сопротивление прямой последовательности – 84 Ом.

Для описания структурной схемы в соответствии с CIM применялись следующие пакеты:

- ядро (Core);
- топология (Topological);
- сетевые элементы (Wires);
- графика (Graphics).

Из пакета Core были задействованы следующие классы:

- IdentifiedObject, необходимый для обеспечения общей идентификации всех объектов и участвующий в последующем графическом отображении объектов. Содержит атрибуты name, localName, pathName и другие, определяющие объект в удобном для восприятия человеком виде. Является «предком» почти для других рассматриваемых классов.
- Substation – контейнер для коллекции оборудования относящегося к одной электроустановке. Не имеет атрибутов, кроме унаследованных от класса IdentifiedObject. В рассматриваемом примере используется для хранения всего оборудования, относящегося к электрической части станции.
- VoltageLevel – класс-контейнер, описывающий уровни напряжения, к которому относится оборудование. В рассматриваемом варианте выделено два уровня напряжения: 500 кВ (РУ) и генераторное напряжение 20 кВ.
- BaseVoltage – класс определяющий номинальное напряжение, используемое в описанных РУ;
- Terminal – класс определяющий физическую связанность оборудования, с помощью дополнительных классов-контейнеров ConnectivityNode или TopologicalNode.

Пакет Topological необходим для задания топологических узлов (TopologicalNode), обозначающих электрическое соединение оборудования. Они, по сути, описывают коммутационное состояние электроустановки. Задавалось такое соединение путем «подключения» к топологическому узлу выводов (Terminal) оборудования.

Описание силового оборудования: генераторов, трансформаторов, воздушных ЛЭП – производилось соответствующими классами, относящимися к пакету Wires. При моделировании трансформатора имеется особенность, заключающаяся в его разделении на объект PowerTransformer и входящие в него обмотки WindingTransformer.

Графическое представление было передано посредством использования пакета Graphics. Каждый элемент схемы представлен классом DiagramObject, ссылающимся на класс, описывающий этот объект. Атрибуты описывают ориентацию объекта (угол

поворота): rotation и еще ряд нюансов для отображения пиктограммы объекта. Класс DiagramObjectPoint и его атрибуты (xPosition, yPosition) определяет положение объекта на схеме. Особенностью визуализации обладают силовые выводы оборудования (Terminal) и шины (Busbar), которые требуют минимум двух точек координат на диаграмме (DiagramObjectPoint), соответствующих началу и концу элемента, в то время как остальным элементам достаточно одной точки. Какую именно пиктограмму объекта отобразить на схеме решает программа импортирующая данные.

После описания параметров оборудования структурной схемы, её топологии и графического представления, с помощью библиотеки PyCIM был сформирован XML-RDF файл.

4.2. Импорт XML-RDF файла в PSS Sincal

Используя встроенные в PSS Sincal средства для импорта CIM, созданный файл был импортирован.

В результате импорта модели были переданы: изображение схемы (рис.3), топологическая связь

элементов схемы, а также параметры элементов, представленные в табличном виде на рис.4.

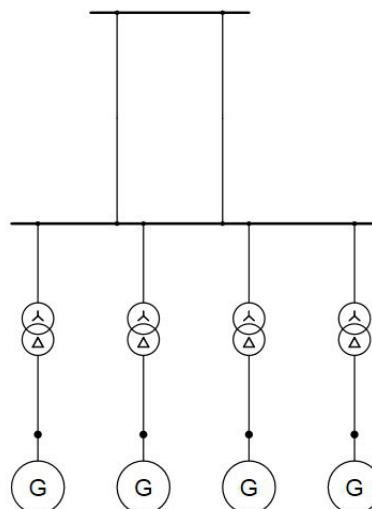


Рис.3. Импортированное графическое представление схемы

	Node 1	Node 2	Element Type	Network Level	OP State	Name
	Node4		Synchronous Machine	BaseVoltage2	On	G_4
	Node1		Synchronous Machine	BaseVoltage2	On	G_1
	Node2		Synchronous Machine	BaseVoltage2	On	G_2
	Node3		Synchronous Machine	BaseVoltage2	On	G_3
	Node201	Busbar	Line	BaseVoltage1	On	WO_1
	Node201	Busbar	Line	BaseVoltage1	On	WO_2
	Busbar	Node2	Two-Winding Transformer	BaseVoltage1	On	2T_2
	Busbar	Node3	Two-Winding Transformer	BaseVoltage1	On	2T_3
	Busbar	Node1	Two-Winding Transformer	BaseVoltage1	On	2T_1
	Busbar	Node4	Two-Winding Transformer	BaseVoltage1	On	2T_4

Рис.4. Табличное представление импортированных данных

Изображение схемы соответствует описанной топологии, табличное представление содержит весь перечень оборудования и его параметров. Таким образом, можно говорить об успешной передаче данных из САПР в стороннее программное обеспечение с помощью CIM.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках разрабатываемой САПР по выбору структурной схемы ТЭС удалось реализовать функцию экспорта данных описанных в соответствии с CIM, в формате XML-RDF. Далее, этот файл был успешно импортирован в разработанный сторонними разработчиками программный продукт PSS Sincal. САПР обеспечивает описание оборудования структурной схемы, его параметров, топологии и графическое представление схемы в соответствии с требованиями CIM. Импорт XML-RDF файла, содержащего модель схемы, в программный комплекс PSS Sincal подтвердил работоспособность данной функции САПР.

Однако, не удалось импортировать в PSS Sincal эквивалент системы. При импорте XML-RDF файла, содержащего описание эквивалента системы,

этот элемент «терялся». Вероятно, это связано с особенностью работы PSS Sincal. Возможным вариантом решения проблемы является дополнительное взаимодействие с PSS Sincal, посредством представляемого программного интерфейса (API) и добавление в схему эквивалента посредством него.

В дальнейшем предполагается изучение возможности импорта в САПР результатов расчета токов короткого замыкания и надежности в соответствии с CIM.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **IEC 61970-301:2016** Energy Management System Application Program Interface (EMS-API) – Part301: Common information model (CIM) base, IEC, Edition 6.0, 2016.
2. **IEC 61970-453:2014** Energy Management System Application Program Interface (EMS-API) – Part 453: Diagram layout profile, IEC, Edition 2.0, 2014.
3. **IEC 61970-501:2006** Energy management system application program interface (EMS-API) - Part 501: Common Information Model Resource Description Framework (CIM RDF) schema, IEC, Edition 1.0, 2006.
4. **IEC 61970-552:2016** Energy management system application program interface (EMS-API) - Part 552: CIMXML Model exchange format, IEC, Edition 2.0, 2016.

СОЗДАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ САР ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ТРИПОД

АННОТАЦИЯ

Рассматривается система управления электроприводами роботизированного комплекса ТРИПОД. Описываются отдельные этапы параметрической оптимизации систем автоматического регулирования электроприводов РК ТРИПОД.

Ключевые слова – роботизированный комплекс, система, управление, регулирование, процесс, робот-трипод, конвейер, контроллер

1. ВВЕДЕНИЕ

Роботизированный комплекс (РК) ТРИПОД (рис. 1) создан фирмой FESTO и предназначен для управления процессом предтоварного оформления (конвертации и наклейки этикеток) полуфабрикатов (ПФ). Комплекс оснащен программно-аппаратными средствами, обеспечивающими работу каждого технологического элемента (робота-трипода, устройств сортировки, конвейерных установок) в режимах ручного и автоматического управления. В настоящей работе представлены отдельные этапы параметрической оптимизации систем автоматического регулирования (САР) электроприводов конвейера и робота-трипода РК ТРИПОД.

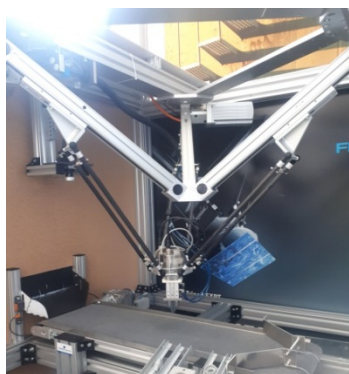


Рис. 1. РК ТРИПОД

В состав РК входят:

1. Робот-трипод, состоящий из металлического каркаса, линейных двигателей постоянного тока EGC-80-578-ТВ-KF-GK, трансформирующих вращательное движение вала сервомотора в поступательное движение каретки, углепластиковых тяг, служащих для закрепления выходной площадки с каретками линейных осей, и выходной площадки – подвижной платформы с инструментом – рукой-

захватом. На рисунке 2 показан внешний вид робота-трипода.

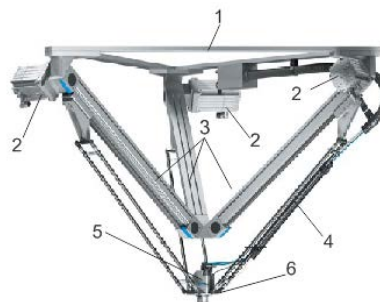


Рис. 2. Электромеханические конструкции робота-трипода: 1- неподвижная платформа; 2- сервомоторы; 3- каретка механических преобразователей; 4- тяги; 5- поворотный серводвигатель; 6- подвижная платформа.

2. Три сервомотора EMMS-AS-100-S-RMB с синхронными двигателями, работающие под управлением сервоконтроллера, служащих для перемещения кареток. Сервомотор построен по принципу интегрированного сервопривода: двигатель, энкодер и сервоконтроллер, которые размещены в корпусе устройства. В качестве двигателя используется компактная синхронная машина с постоянными магнитами. Энкодер передает параметры сервомотора, сигналы частоты вращения и позиции в виде цифровых сигналов на сервоконтроллер. С помощью заранее заданной программы в программном обеспечении FCT (Festo Configuration Tool) сервоконтроллер отслеживает задачи позиционирования инструмента;

3. Поворотный электродвигатель FNA-8C-30-D200, смонтированный на подвижной платформе и служащий для вращения инструмента;

4. Три конвейера: основной конвейер (ОК), вспомогательный конвейер (ВК), малый конвейер (МК), которые служат для перемещения ПФ в контейнеры;

5. Триприводных асинхронных двигателей конвейеров;

6. Шкаф управления СМСА, в котором находятся контроллеры, системы питания и безопасности.

2. СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

На рис. 3 изображена функциональная технологическая схема РК ТРИПОД. Алгоритм работы РК представлен в [1]. В этом алгоритме не рассматривались задачи энергосбережения.

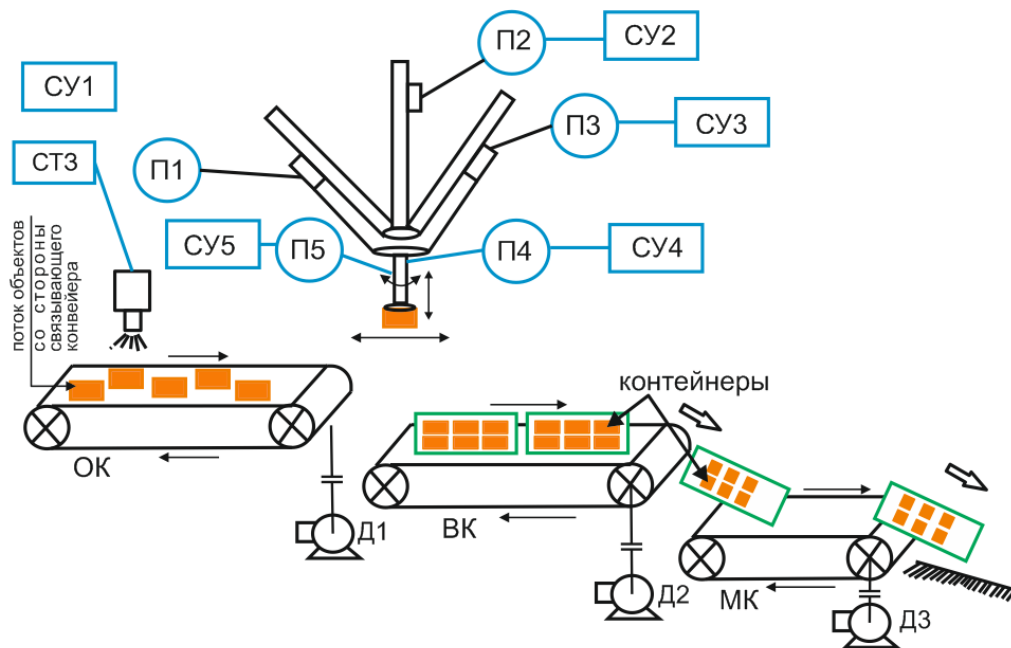


Рис.3. Функциональная технологическая схема РК ТРИПОД: СУ1,...СУ5 – локальные системы управления; П1,...П5 – приводы робота-трипода; СТЗ – система технического зрения; ОК, ВК, МК – основной, вспомогательный и малый конвейеры; Д1,...Д3 – двигатели конвейеров

Потенциал энергосбережения лежит в области параметрической оптимизации САР электроприводов РК ТРИПОД по прямым и интегральным критериям перемещения исполнительных органов РК.

Номинальные параметры элементов РК ТРИПОД представлены в таблицах 1 и 2.

Переменные, определяющие свойства и характеристики элементов роботизированного комплекса (частоты колебаний, резонансные частоты, коэффициенты затухания, логарифмические декременты, частоты свободных недемпфированных колебаний, коэффициенты резонансного усиления, динамические коэффициенты и т.п.), вычисляются в функции от номинальных параметров таблиц 1 и 2 по соотношениям и зависимостям из [2].

Таблица 1. Номинальные параметры элементов робота-трипода

Наименование объекта	U_n , В	P_n , кВт	I_n , А	$J_{(i)}$, кгм ²
Электромеханический поворотный привод ЕХРТ-70-Т1	360	0,0092	0,31	0,0026
СервомоторЕМMS-AS-100-S-RMB для оси X	565	1,560	0,83	0,0027
СервомоторЕМMS-AS-100-S-RMB для оси Y	565	1,560	0,83	0,0027
СервомоторЕМMS-AS-100-S-RMB для оси Z	565	1,560	0,83	0,0027

Таблица 2. Номинальные параметры асинхронного привода ОК конвейера

Наименование	Обозначение	Ед.измерения	Значение
Номинальное напряжение	U_n	В	400
Номинальная мощность	P_n	кВт	0,18
Номинальный ток	I_n	А	0,7
Номинальный момент инерции	J_n	кгм ²	0,0004
Сопrotивление статора	R_c	Ом	69,63
Индуктивность статора	L_c	Гн	0,953
Коэффициент полезного действия	КПД	%	51,5
Сопrotивление ротора	R_p	Ом	13,95
Индуктивность ротора	L_p	Гн	1
Взаимная индуктивность	L_m	Гн	0,821

Потоки входных полуфабрикатов поступают в стохастических последовательностях, закономерности которых заранее известны, но могут меняться. Информация о потоках ПФ отслеживается с помощью системы технического зрения (СТЗ) и передается по глобальным и локальным телекоммуникационным каналам в главный управляющий процессор.

Здесь предполагается обеспечить синхронную подачу ПФроботом-триподом по принципу поддержания на заданном уровне скорости ленты конвейера: сигнал с СТЗ приходит в контроллер Siemens CPU 314c-2DP, далее происходит обработка и выдача соответствующего сигнала в

систему управления сервомоторами кинематического механизма РК ТРИПОД. Процесс передачи информации осуществляется с помощью промышленных сетей CANи ProfibusDP.

В работе [3] процессы обработки каждого ПФ, групп ПФ роботами-триподами и перемещение ПФ конвейерными установками характеризуются как детерминированные процессы. Это позволяет предположить, что могут быть рассчитаны диапазоны параметров, характеризующих критерии управления роботами и конвейерами, как по прямым, так и по интегральным критериям качества.

Диапазоны оценок критериев качества САР электроприводов РК ТРИПОД определены исходя из технологических схем их обработке ПФ и представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3. Диапазоны критериев качества САР элементов робота-трипода

Наименование объекта	Серводвигатель EMMS-AS-100-S-RMB для оси X
Диапазоны оценок критериев качества	
Абсолютная точность, мм	0,5...0,6
Точность контурных движений, мм	0,3...0,5
Время переходного процесса, с	0,3...0,7

Таблица 4. Диапазоны критериев качества САР элементов конвейерных установок

Наименование объекта	Диапазоны оценок критериев качества		
	Перегулирование, %	Время переходного процесса, с	Время разгона, с
Асинхронный электропривод ленточного конвейера	46-56	1...1.6	0,4...0,6

3. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ РК ТРИПОД

Создание эффективных САР электроприводов возможно путем оценки различных вариантов с помощью методов численно - аналитических исследований (например, в среде MatLAB-Simulink)[4].

Рассмотрим последовательность действий, связанных с получением математических моделей двигателя 4EGC-80-578-TB-KF-GK робота РК ТРИПОД – двигателя ДПТ как объекта автоматического регулирования.

Для реальных САР, управляя частотой вращения двигателя, необходимо контролировать и управлять изменением тока якоря двигателя. В этом случае линеаризованная математическая модель имеет вид [4]:

$$I_a(p) = ((-K_e/R_a)/(T_a p + 1)) \omega(t) + ((1/R_a)/(T_a p + 1)) U_r(t),$$

$$\omega(t) = (K_m/Jp)I_a(p) - (1/Jp)M_T(t),$$

$$l(t) = k_n \cdot \omega(t) \quad (1)$$

Имитационная модель двигателя приводится на рисунке 4, а на рисунках 5 и 6 изображены переходные процессы при пуске двигателя (без САР): а - ток якоря двигателя $I_a(t)$; б - частота вращения вала двигателя $\omega(t)$.

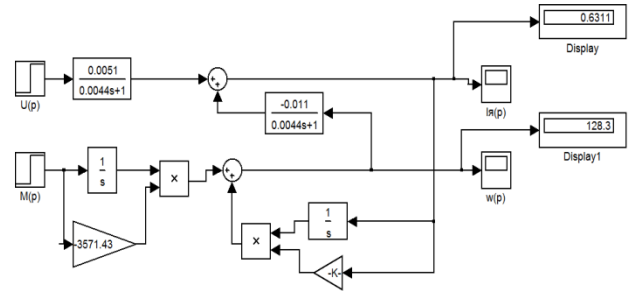


Рис. 4. Математическая модель двигателя робота РК ТРИПОД

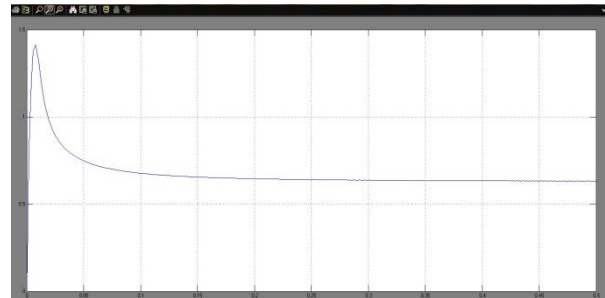


Рис.5 - Переходный процесс $I_a(t)$

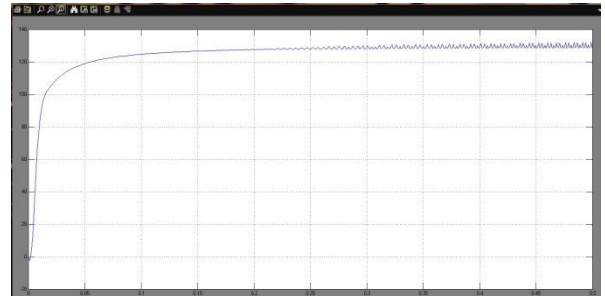


Рис.6 - Переходный процесс $\omega(t)$

На рисунке 7 приведена имитационная модель асинхронного двигателя АТ63В фирмы Neri Motori. Модель содержит блок-функции [5] трехфазной асинхронной машины Asynchronous Machine SI Units и трехфазный источник напряжения Three-Phase Source. Переходный процесс пуска двигателя АТ63В на рисунке 8 показывает наличие существенного запаздывания и колебательность, что следует учесть в последующей оптимизации режимов работы САР электроприводов робота.

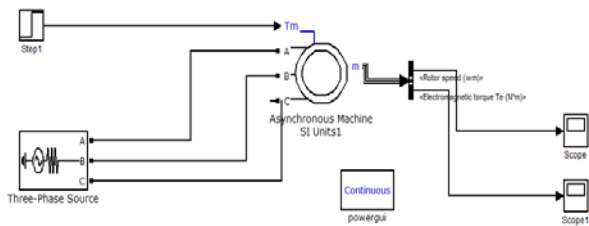


Рис.7. Модель асинхронного двигателя в Simulink

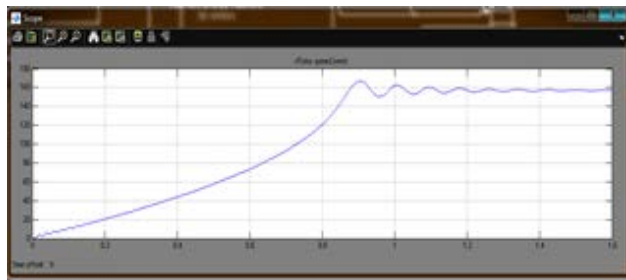


Рис. 8. Переходный процесс $\omega(t)$

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Оптимизация САР подчиненного регулирования линейных электроприводов постоянного тока EGC-80-578-ТВ-KF-GK позволит обеспечить точность позиционирования координаты $l(t)$ и оптимизировать электропотребления с помощью контуров тока, скорости и положения.

2. Сервомотор EMMS-AS-100-S-RMB, имеющий сервоконтроллер и открытую систему программирования позволяет ставить задачи точного позиционирования инструмента и энергосбережения в динамических режимах путем программно-аппаратного проектирования интеллектуальных САР.

3. Наличие в технологическом процессе конвейерных установок осложняет динамические режимы работы РК ТРИПОД и требует проведения специальных исследований для согласования работы робота и конвейерных установок с учетом запаздывания и колебательности конвейеров как объектов автоматического регулирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Фешин Б.Н.**, Тохметова К.М. Система автоматического управления роботизированного комплекса ТРИПОД// Автоматика. Информатика. – Караганда: КарГТУ. № 2. 2015. С. 26-30.
2. **Чиликин М.Г.**, Ключев В.И., Сандлер А.С. Теория автоматизированного электропривода: Учебное пособие для вузов / М.Г. Чиликин, В.И. Ключев, А.С. Сандлер — М.: Энергия, 1979. 616с.
3. **Фешин Б.Н.**, Шпакова Л.Г., Тохметова К.М. Оптимальное управление роботами в гибком автоматизированном производстве// Труды

университета. – Караганда: КарГТУ. № 1. 2019. С. 145-148.

4. **Фешин Б.Н.** Компьютерное моделирование и идентификация электротехнических комплексов: Учебное пособие для студентов высш. учеб.заведений/ Б.Н. Фешин; Карагандинский государственный технический университет.Караганда, 2010. - 87 с. - ISBN 9965-04-272-1
5. **Герман-Галкин С.Г.** Проектирование мехатронных систем на ПК. — СПб.: Корона-Век, 2008.
6. **Фешин Б.Н.** Управление многосвязными техническими системами: Монография / Б.Н. Фешин; Карагандинский государственный технический университет. Караганда: Изд-во КарГТУ, 2019. 136с.
7. **Браславский И.Я.** Энергосберегающий асинхронный электропривод: Учебное пособие для студентов высш. учеб.заведений / И.Я. Браславский, З.Ш. Ишматов, В.Н. Поляков; под ред. И.Я. Браславский.— М. Издательский центр «Академия», 2004. 256с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ БАТАРЕИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ С РЕГУЛИРОВАНИЕМ МОЩНОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ТИПА

АННОТАЦИЯ

Математическая модель содержит упрощенная модель батареи фотоэлектрической, упрощенная модель регулятора импульсной мощности параллельного типа и упрощенную модель нагрузки (бортовая сеть). Также обоснования ко всем элементам модели. Все испытания математической модели идентичны испытания макетного, а также готового, летного, образца регулятора импульсной мощности и системы управления регулятором импульсной мощности.

Ключевые слова – батарея фотоэлектрическая, аккумуляторная батарея, регулятор тока, аппаратура регулирования и контроля

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время регулирование избыточной мощности от батарей фотоэлектрических (БФ) актуальная тема в космонавтике. Существует большое количество разновидностей регуляторов тока разработанных для регулирования избыточной мощности от космических солнечных батарей. Сравнительно недавно начали разрабатывать аппаратуры регулирования и контроля (АРК) на базе полевых транзисторов, с резервированием методом глубокого секционирования, в том числе регулятор избыточной мощности, что приводит к стабильности системы при выходе из строя одного или нескольких элементов. Математическая модель рассматриваемая в дальнейшем будет упрощенной, но на работу и результаты испытаний это никак не повлияет.

2. РАСЧЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕГУЛЯТОРА ТОКА

2.1. Выбор метода расчетных исследований переходных процессов регулятора тока

На сегодняшний день по очевидным причинам преобладают большей популярностью программы математического моделирования, нежели макетирование или расчет характеристик вручную. Идя в ногу со временем, исследование регулятора тока будет проводиться в программе математического моделирования Pspice [5].

Идеальная математическая модель будет состоять из солнечной батареи, регулятора тока и бортовой сети.

2.2. Исследования математической модели регулятора тока

Исследование режимов работы электронного ключа в схеме РТ АРК при различных значениях

параметров эквивалентной схемы БФ.

Исследование проведено с помощью математического моделирования эквивалентной схемы генератора БФ, подключенного к входу регулятора тока, схема представлена на рисунке 1.

На рисунке 2 представлена эквивалентная схема нескольких ячеек батареи фотоэлектрической. Диоды 1, 2 и n эмитируют ячейки батарею фотоэлектрической, а обратные диоды – 1.1, 2.1, n.1 представляющие собой обратные диоды, которые устанавливаются параллельно каждой ячейке специально, для резервирования каждой ячейки БФ. При выходе любой из ячеек солнечная батарея продолжит работать, образуя замкнутую цепь за счет обратных диодов [4, 6-7].

Параметры БФ указаны в таблице 1.

Остальные параметры указаны на схеме математической модели, рисунок 4.

Частота коммутации транзистора $V_T = 20$ (кГц), γ (скважность) = 2.

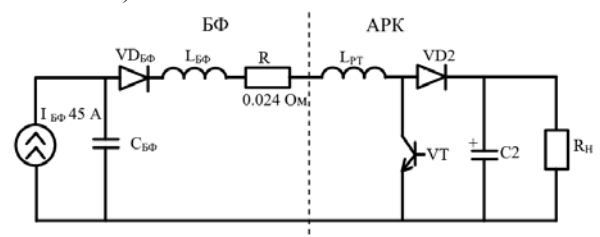


Рис. 1. Схема модели БФ и РТ

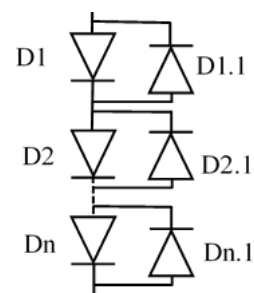


Рис. 2. Эквивалентная схема ячеек батареи фотоэлектрической

В модели представлена батарея фотоэлектрическая, состоящая из источника тока, прямых и обратных диодов, эмитирующих ячейки БФ, дроссели имитирующие индуктивность проводов, паразитная емкость самой БФ, электронный ключ, представляющий собой набор параллельно соединенных транзисторов регулятора импульсной мощности, рисунок 3 [1-3].

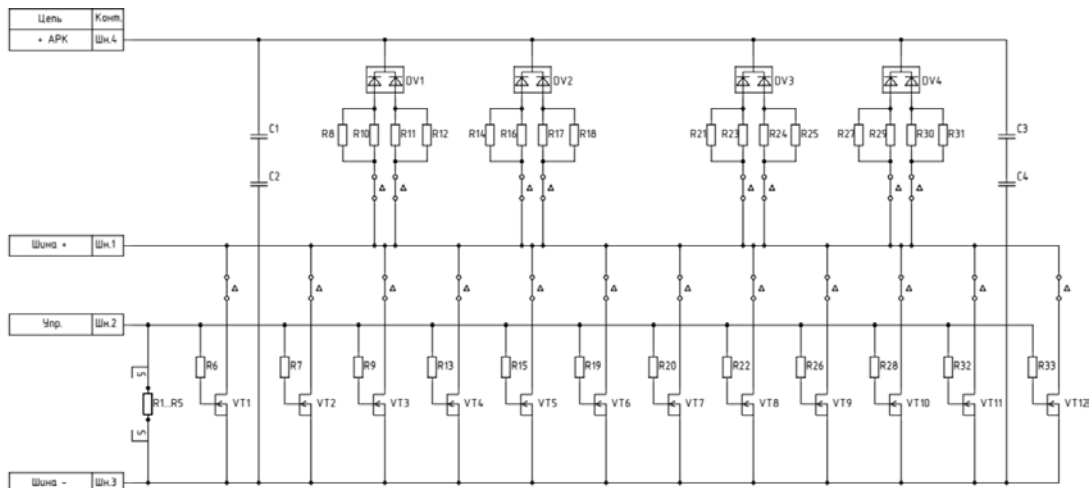


Рис. 3. Схема регулятора импульсной мощности батареи фотоэлектрической

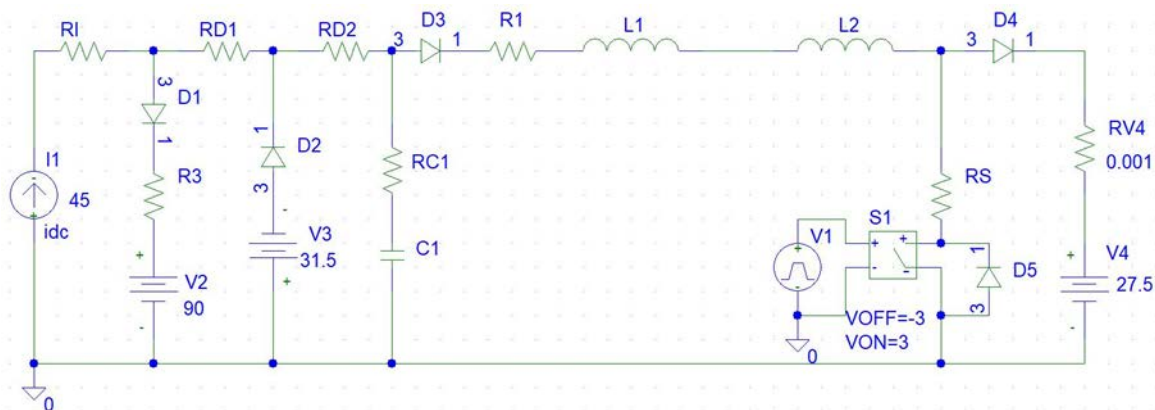


Рис. 4. Математическая модель батареи фотоэлектрической, регулятора импульсной мощности и нагрузкой

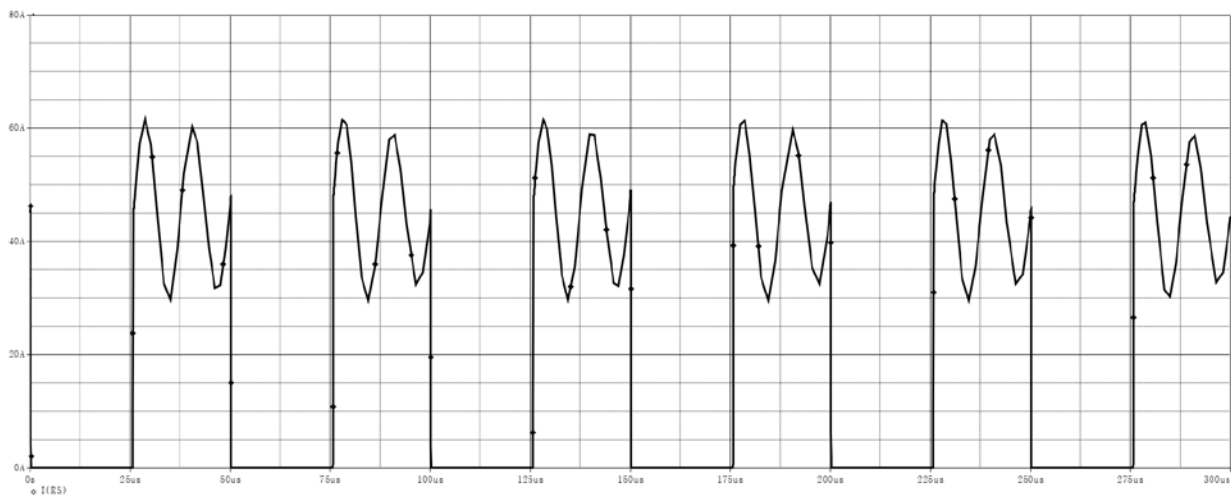
Таблица 1. Параметры моделирования

$I_{БФ}$	$C_{БФ}^*$	$L_{БФ}^*$	$L_{РТ}$	№ рисунка
45 А	1 мкФ	1 мкГн	0,1 мкГн / 10мкГн	5

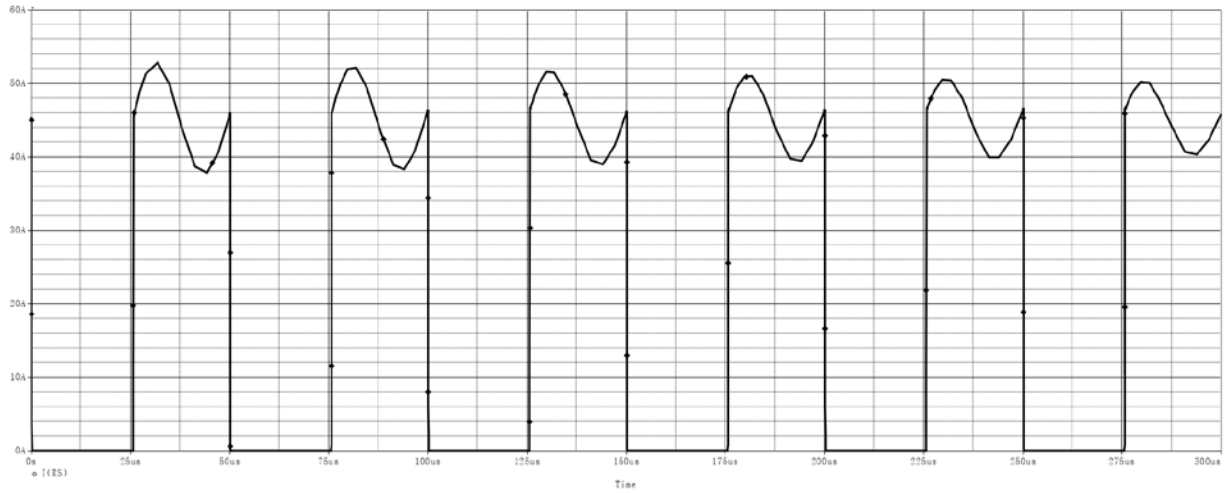
*- неизменяемые параметры, заданные конструкцией БФ.

Результаты моделирования отражены на рисунке 5.

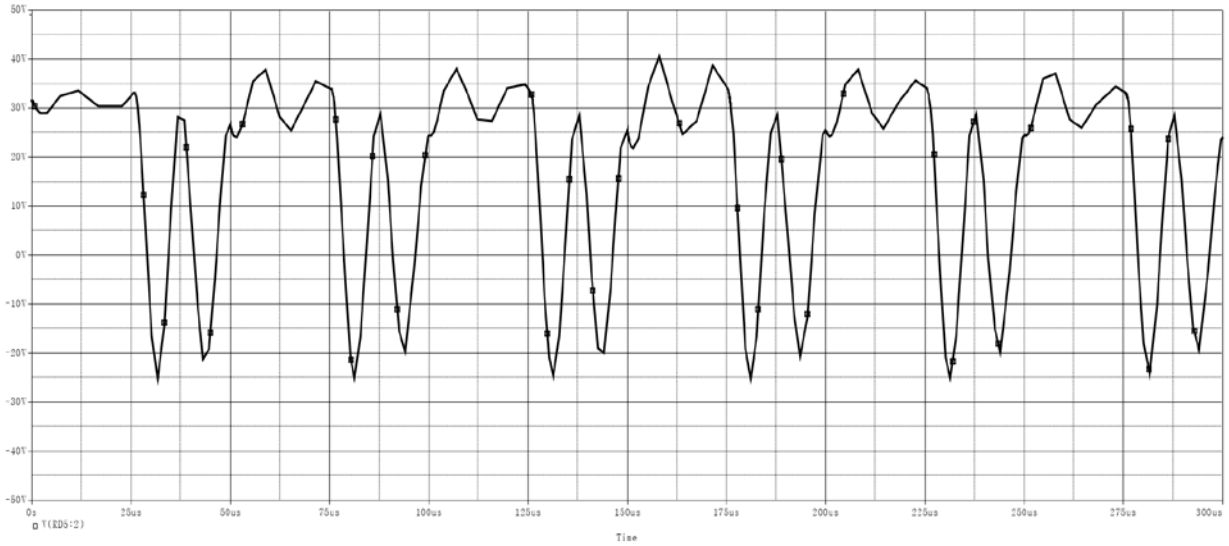
I_{VT} , $L_{РТ} = 0,1$ (мкГн)



$I_{VT}, L_{PT} = 10 \text{ (мкГн)}$



$U_{СБФ}, L_{PT} = 0,1 \text{ (мкГн)}$



$U_{СБФ}, L_{PT} = 10 \text{ (мкГн)}$

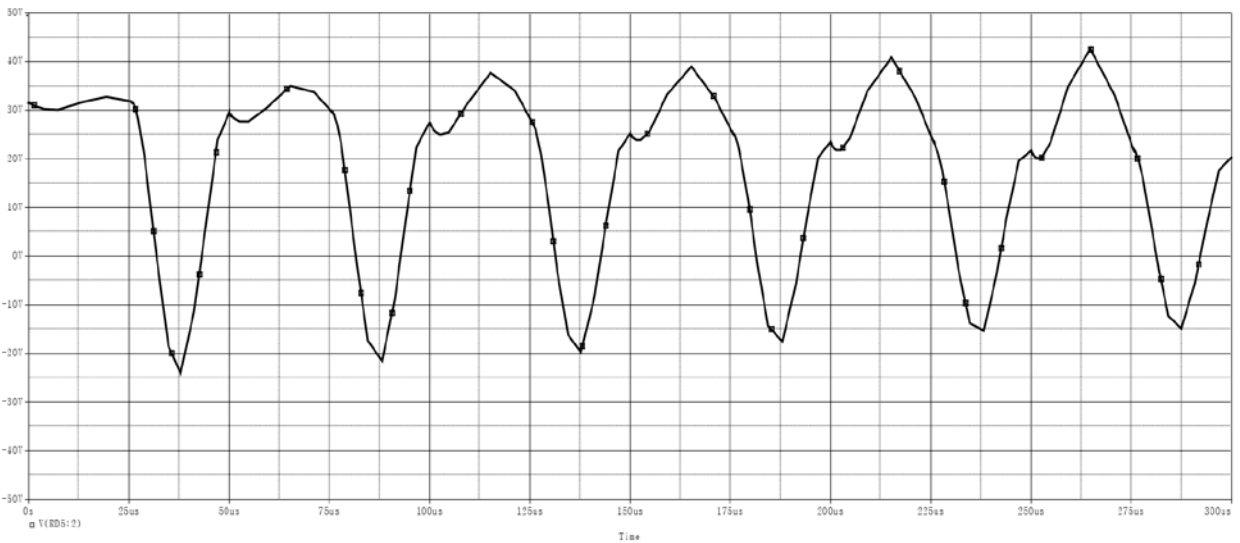


Рис. 5. Результаты моделирования

В результате испытаний математической модели было выявлено, что математическая модель работает, а также регулирование тока от БФ регулятором тока напрямую зависит от величины раз-

мерности дросселя. Чем больше номинал дросселя, тем меньше пульсации тока через транзистор регулятора тока.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная математическая модель актуальна на сегодняшний день, как для исследований переходных процессов системы регулирования мощности солнечной батареи, так и в образовательных целях. Преимуществом модели является простота самой схемы и простота изменения параметров модели. В качестве плюсов можно отметить близкое сходство результатов исследования данной математической модели к реальному макетному образцу исследованному в лаборатории, с использованием имитатора солнечной батареи. В качестве минусов – нечеткая вольтамперная характеристика батареи фотоэлектрической, приближенная к реальной более линейными участками. А также невозможность использования данной модели солнечной батареи в других системах управления ее мощностью, например последовательной.

На сегодняшний день начали создавать батареи фотоэлектрические с более высоким напряжением выхода, то есть более мощные, но за счет этого вырастает паразитная емкость батареи, также ей сложнее управлять за счет больших напряжений и вопросов резервирования таких систем управления не понижая КПД и обеспечивая высокую надежность системы.

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаю большую благодарность генеральному конструктору АО«АВЭКС» Ганзбургу М.Ю. и начальнику сектора 3, ОГК-1, АО«АВЭКС» Бедрину Ю.К. за предоставление материалов, макетного образца и лаборатории для исследований данной математической модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Пономарев И. Г.** Исследование некоторых методов повышения надежности транзисторных преобразователей и способов их реализации. М.: диссертация, 1976. 197 с.
2. **Веденев Г. М.** Стабилизация выходного напряжения статических преобразователей на транзисторах. — Электротехника, 1968, № 10. 34—38 с.
3. **Сарафанов А.В., Трегубов С.И.** Электрические, электрофизические, эксплуатационные, теплофизические, физико-механические и надёжностные параметры ЭРЭ и материалов конструкций РЭС: Справочник – Красноярск: КГТУ, 1998 г. – 178 с.
4. **Крылов А. В.** Геостационарные спутники связи и вещания за первые 10 лет XXI века. // Connect, 2011, №7. 93-96 с.
5. Отчёт по НИР: «Разработка комплексных математических моделей Cals-технологий проектирования радиоэлектронных средств с учётом дестабилизирующих факторов». – М.: МГИЭМ, 2001 г. 45с.
6. Конспект лекций по курсу «Системы электроснабжения летательных аппаратов» // **С. А. Грузков. 2018.**
7. **Грузков С. А., Останин С. Ю., Сугробов А. М. и др.** Электрооборудование летательных аппаратов: Том 1. Системы электроснабжения летательных аппаратов. М.: издательство МЭИ – 2005. 568с.



Секция 4

**ИТ В УЧЕБНЫХ,
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ
И ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ
ЛАБОРАТОРИЯХ**

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ ТЭС В УЧЕБНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ

АННОТАЦИЯ

Создан лабораторный электронный практикум «Исследование термодинамических циклов ТЭС» по дисциплинам «Термодинамика» и «Техническая термодинамика» для студентов, обучающихся по направлениям подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника», «Ядерная энергетика и теплофизика» и «Энергомашиностроение». Практикум позволяет исследовать термодинамические циклы простых и сложных паротурбинных установок (ПТУ) тепловых электростанций (ТЭС). Практикум содержит описание математических моделей рассматриваемых термодинамических циклов. Описан порядок выполнения лабораторных работ на персональных компьютерах. Практикум включает методические указания по выполнению лабораторных работ, каждая из которых рассчитана на 2-х часовое занятие.

Лабораторный практикум дополняется системой проверки (тестированием) знания студентами общих закономерностей обратимых и необратимых термодинамических циклов, а также циклов ПТУ.

Ключевые слова – техническая термодинамика, учебная лаборатория, термодинамические циклы, паротурбинные установки, тепловые электрические станции

1. ВВЕДЕНИЕ

Исследование термодинамических циклов тепловых двигателей является основной задачей технической термодинамики. Однако провести подробное исследование цикла, установить его основные характеристики (удельную работу, КПД) при изменении отдельных параметров рабочего тела (воды и водяного пара) на реальной установке можно лишь в ограниченных пределах. Поэтому при исследовании циклов энергетических установок вместо натуральных испытаний используют информационные технологии, содержательной основой которых служат математические модели – системы уравнений, позволяющие решать поставленные задачи.

2. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Цель работы состоит в выявлении зависимости *основных характеристик цикла* ПТУ (КПД, мощности, конечной степени сухости пара в турбине и др.) от *параметров цикла* (температур, давлений, количества регенеративных подогревателей и др., см. рис. 1). При этом становится возможным определение допустимых областей изменения параметров цикла и поиск их оптимальных значений, при которых КПД (или мощность) максимальны.

Поскольку целью данных лабораторных работ является исследование и анализ наиболее характерных термодинамических циклов и их сопоставление, а не исследование конкретного энергетического оборудования, в данных математических моделях использовались уравнения, обычно используемые в дисциплинах «Техническая термодинамика» и «Термодинамика» [1–3]. При записи уравнений, используемых при формировании математических моделей термодинамических циклов, принимались следующие допущения:

1. Процессы подвода и отвода теплоты в цикле считаются изобарными.

2. Потери давления и теплоты в паропроводах и теплообменных устройствах, а также потери пара и конденсата в ПТУ не учитываются.

3. Внутренний относительный КПД турбины η_{oi}^T считается одинаковым для области перегретого пара, а в области влажного пара учитывается его уменьшение при увеличении влажности пара в хвостовых отсеках турбины.

4. Внутренние относительные КПД всех насосов η_{oi}^H принимаются одинаковыми. При расчете процессов в насосах удельный объем воды принимается постоянным и равным $\nu = 0.001 \text{ м}^3/\text{кг}$. В этом случае удельная работа насоса при обратимом сжатии рассчитывается по приближенной формуле $l_n = \nu \Delta p$, а при необратимом $l_n^D = l_n / \eta_{oi}^H$.

В то же время, термодинамические свойства воды и водяного пара как в области перегретого, так и в области влажного пара, определялись с точностью, соответствующей принятым справочным таблицам [4].

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Работа выполняется на компьютере, на экране монитора которого предварительно выставлена заставка ПРОФЕССОР ТЕРМО 92. В разделе **Свободное изучение** следует вызвать программу расчета того цикла, который указан в задании. После этого на экране появится изображение, пример которого показан на рис. 1.

В верхней левой части экрана находится *принципиальная схема ПТУ*, в которой осуществляются процессы, составляющие рассматриваемый термодинамический цикл. Изображение цикла в T,s - и h,s -диаграммах можно вызвать на экран при нажатии клавиши **F4**.

Название цикла				Характеристики цикла		F1	
Принципиальная схема паротурбинной установки				идеальн.	действ.	F2	
				η , %	43.06	37.58	F3
				x_2	0.787	0.859	F4
				t_{1cp} , °C	257.5	–	F5
Регулируемые параметры цикла				t_2 , °C	29.0	29.0	F6
p_1 , МПа	t_1 , °C	p_2 , МПа	η_{oi}^T , %	N , МВт	144.0	125.6	F7
10.00	540.0	0.0040	87.5	Служебная информация		F8	
η_{oi}^H , %	$t_{пв}$, °C	p_A , МПа	D , кг/с			F9	
75.0	174	9.0	100			F10	

Рис. 1. Пример изображения на экране дисплея

Ниже тепловой схемы размещается панель *регулируемых параметров цикла* (давление, температура и другие), состав которых зависит от типа исследуемого цикла. Перемещая клавишами \leftarrow и \rightarrow по этой панели рамку, можно установить желаемые значения всех этих *параметров*. Для установления нужного значения пользуются клавишами \uparrow и \downarrow ; шаг изменения *параметра* может быть изменен. Окончательно рамку следует установить на том *параметре*, влияние изменения которого на *характеристики цикла* предложено проанализировать в задании.

Характеристиками цикла ПТУ являются: мощность ПТУ N , турбины N_T , насосов N_H термический η_t и внутренний η_i КПД цикла; степень сухости пара за турбиной $x_{2\partial}$ и другие.

Состав *характеристик цикла* зависит от типа исследуемого цикла. Все эти характеристики размещаются в двух колонках таблицы, одна из которых относится к идеальному циклу (с обратимыми процессами расширения и сжатия), другая – к действительному (необратимому) циклу.

Значения некоторых из этих *характеристик*, рассчитанные для принятых *параметров цикла*, демонстрируются на цифровой или графической панелях результатов. Вызов последней производится нажатием клавиши **F3**. Изменяя клавишами \uparrow и \downarrow значение задаваемого *параметра*, можно проследить его влияние на *характеристики цикла*.

Для нахождения оптимального значения этого параметра, соответствующего максимальной величине КПД ПТУ или мощности, (что указано в задании), рекомендуется вначале на графической панели проследить влияние его на характеристики цикла в большом диапазоне изменения этого параметра. Затем, выявив область его оптимума, провести в ней расчет с малым шагом параметра, фиксируя результаты на цифровой панели. Такая последовательность расчетов позволяет надежно определить оптимальное значение параметра.

Т.к. по соображениям безаварийной работы турбины не допускается присутствие в турбине пара высокой влажности (в настоящей работе принята

предельная влажность 15%), при степени сухости $x_{2\partial}$ менее 0.85, расчет не прекращается, но на цифровой панели «Характеристики цикла» значение $x_{2\partial}$ выделяется красным цветом. Точно так же выделяется красным цветом и сообщение **SubHeat**, появляющееся в этой графе, если пар на выходе из турбины является *перегретым*, поскольку такая ситуация термодинамически невыгодна из-за повышения средней температуры отвода теплоты в цикле.

Были созданы математические модели шести циклов паротурбинных установок тепловых электростанций и программы, позволяющие исследовать эти циклы [5].

4. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ ПАРОТУРБИНЫХ УСТАНОВОК

4.1. Цикл Ренкина на перегретом паре

Цикл Ренкина на перегретом паре приведен в T,s -диаграмме на рис. 2. *Регулируемыми параметрами* в цикле Ренкина на перегретом паре, которые задает преподаватель и которые необходимо ввести в компьютер, приняты: начальные параметры пара p_1 и t_1 , давление в конденсаторе p_2 , внутренние относительные КПД турбины и насоса (η_{oi}^T , η_{oi}^H), а также расход пара D .

Характеристиками цикла являются: термический η_t и внутренний η_i КПД цикла, степень сухости пара за турбиной $x_{2\partial}$ и средняя температура подвода теплоты в цикле T_{1cp} , мощность турбины и ПТУ (N_T и N).

Программа позволяет исследовать влияние начальных и конечных параметров пара (p_1 , t_1 , p_2) на термический η_t и внутренний η_i КПД цикла и на величину мощности паротурбинной установки N .

Представляет интерес посмотреть, как изменяется степень сухости $x_{2\partial}$ (или влажность) пара на выходе из турбины при увеличении начального давления пара p_1 и неизменной

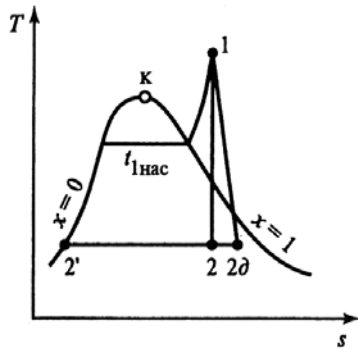


Рис. 2. Цикл Ренкина на перегретом паре

начальной температуре t_1 и давлении пара в конденсаторе p_2 . Эта зависимость позволяет определить предельное давление острого пара $p_{1,пред}$, при котором влажность пара за турбиной достигнет предельного значения 15%, что соответствует степени сухости $x_{2\delta} = 0.85$. Выполнив такое же исследование, но при других температурах пара t_1 , определяются т.н. «сопряженные начальные параметры пара паротурбинной установки», которые показывают взаимосвязь предельного давления $p_{1,пред}$ и максимальной температуры t_1 в цикле ПТУ.

Используя полученные результаты, могут быть рассчитаны КПД станции нетто, удельные расходы пара и условного топлива паротурбинной установки. Целесообразно рассчитать КПД цикла Карно и сравнить его с полученными в работе термическим и внутренним КПД ПТУ.

4.2. Цикл паротурбинной установки с промежуточным перегревом пара

На рис. 3 в T,s -диаграмме показан цикл ПТУ с промежуточным перегревом пара.

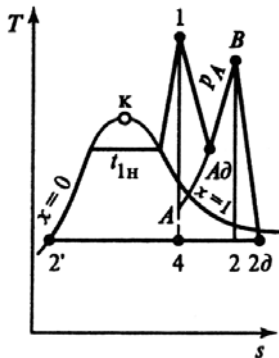


Рис. 3. Цикл паротурбинной установки с промежуточным перегревом пара

Регулируемыми параметрами в цикле ПТУ с промежуточным перегревом пара, которые задает преподаватель и которые необходимо ввести в компьютер, приняты: начальные параметры пара p_1 и t_1 , температура промежуточного перегрева пара $t_B = t_1$, давление в промежуточном пароперегревателе $p_A = p_B$ и в конденсаторе – p_2 , внутренние

относительные КПД турбин и насоса ($\eta_{oi}^{чвд} = \eta_{oi}^{чнд} = \eta_{oi}^T, \eta_{oi}^H$), а также расход пара D .

Характеристиками цикла являются: термический η_t и внутренний η_i КПД цикла, степень сухости пара за ЧВД, ЧСД и ЧНД ($x_{A\delta}, x_{B\delta}$ и $x_{2\delta}$), средняя температура подвода теплоты в цикле $T_{1ср}$, мощность турбины и ПТУ (N_T и N).

Программа позволяет исследовать влияние начальных и конечных параметров пара (p_1, t_1, p_2) на термический η_t и внутренний η_i КПД цикла, а также на величину мощности паротурбинной установки N . Особое внимание должно быть уделено влиянию давления в промежуточном перегревателе p_A на характеристики цикла.

Известно, что зависимости термического и внутреннего КПД цикла от давления p_A в промежуточном пароперегревателе (при неизменности других регулируемых параметров) имеют максимум. Поэтому, исследуя влияние давления в промежуточном перегревателе p_A на характеристики цикла, следует обратить особое внимание на поведение термического и внутреннего КПД цикла в окрестности их максимальных значений. Необходимо определить оптимальные значения давлений $p_{A,опт,t}$ и $p_{A,опт,i}$, при которых соответственно термический и внутренний КПД цикла (η_t и η_i) максимальны, и максимальные значения $\eta_{t, макс}$ и $\eta_{i, макс}$.

При поиске оптимального давления следует иметь в виду, что пар в состоянии $A\delta$ должен быть перегретым (на дисплее в ячейке $x_{A\delta}$ должно быть сообщение **SubHeat**), а в состоянии 2δ – влажным (на дисплее в ячейке $x_{2\delta}$ должно быть значение $0,85 < x_{2\delta} < 1$).

Возможно другая постановка задачи при выполнении лабораторной работы. Сначала для цикла Ренкина на перегретом паре, в котором при максимально большой температуре острого пара проследить рост термического и внутреннего КПД цикла при увеличении начального давления пара вплоть до значений $p_{1,пред}$, при которых степень сухости пара за турбиной x_2 (или $x_{2\delta}$) станет равной 0.85, что соответствует максимально возможной влажности пара 15%. После чего при тех же неизменных регулируемых параметрах продолжать увеличивать давление p_1 и оптимизировать давление $p_A = p_B$ в цикле ПТУ с промежуточным перегревом пара, как это показано выше.

4.3. Цикл ПТУ с двукратным промежуточным перегревом пара

Цикл ПТУ с двукратным промежуточным перегревом пара представлен в T,s -диаграмме на рис. 4. В этой схеме турбина состоит из трех частей: часть высокого давления (ЧВД), части среднего давления (ЧСД) и части низкого давления (ЧНД).

Регулируемыми параметрами в цикле ПТУ с двукратным промежуточным перегревом пара, которые задает преподаватель и которые

необходимо ввести в компьютер, приняты: начальные параметры пара p_1 и t_1 , давление в конденсаторе p_2 , температура промежуточного перегрева пара $t_B = t_D = t_1$, КПД ЧВД, ЧСД, ЧНД турбины $\eta_{oi}^{ЧВД} = \eta_{oi}^{ЧСД} = \eta_{oi}^{ЧНД} = \eta_{oi}^T$ и насоса η_{oi}^H , а также расход пара D .

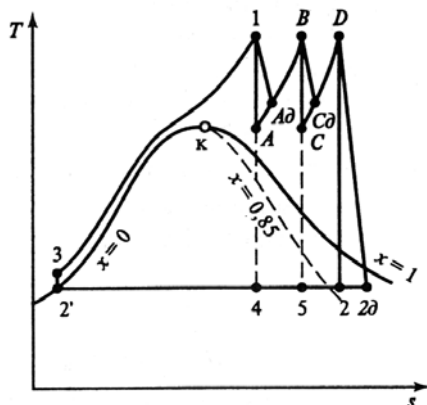


Рис. 4. Цикл паротурбинной установки с двукратным промежуточным перегревом пара

Характеристиками цикла являются: термический η_t и внутренний η_i КПД цикла, степень сухости пара за ЧВД x_{Ad} , и ЧНД x_{2d} , средняя температура подвода теплоты в цикле T_{1cp} , мощность турбины и ПТУ (N_T и N).

При заданных максимальном и минимальном давлениях в цикле (p_1, p_2) основными задачами исследования должно быть исследование влияния давлений в промежуточных перегревателях $p_A = p_B, p_C = p_D$ на внутренний КПД цикла и на мощность ПТУ. Следует иметь ввиду, что давление p_A может меняться в интервале от $p_{A,min}$ (минимальное давление, при котором пар в состоянии Ad остается перегретым, а в ячейке x_{Ad} сообщение - **SubHeat**) до $p_{A,max} = p_1$. Давление p_C может меняться в интервале от $p_{C,min}$ (минимальное давление, при котором пар в состоянии $2d$ остается влажным, что соответствует $x_{2d} \approx 0.99$) до $p_{C,max}$, когда $x_{2d} = 0.85-0.86$. Установив интервалы изменения давлений p_A и p_C нужно исключить из рассмотрения циклы, у которых $p_A < p_C$. Конечная цель исследования – определить максимальный КПД цикла и при каких значениях $p_{A,opt}$ и $p_{C,opt}$ он достигнут (это задача №1). Аналогичная задача №2 – это определить максимальную мощность ПТУ и параметры p_A и p_C , при которых эта мощность достигнута.

Возможно другая постановка задачи при выполнении лабораторной работы. Сначала для цикла Ренкина на перегретом паре, при максимально большой температуре острого пара проследить рост внутреннего КПД цикла при увеличении начального давления пара p_1 вплоть до значений $p_{1,пред}$, при которых степень сухости пара за турбиной x_2 (или $x_{2л}$) станет равной 0.85, что соответствует максимально возможной влажности пара 15%. После чего при тех же неизменных регулируемых параметрах увеличить давление p_1 и оптимизировать давление $p_A = p_B$ в цикле ПТУ с

промежуточным перегревом пара, как это показано выше.

4.4. Цикл ПТУ с регенерацией с подогревателями смешивающего (или поверхностного) типа

На изображении в T,s -диаграмме цикла ПТУ с регенерацией процессы изобарного нагрева воды в подогревателях системы регенерации и в котельной установке (при выбранном масштабе) сливаются с левой пограничной кривой $x = 0$. Поэтому циклы ПТУ с подогревателями смешивающего и поверхностного типа выглядят на T,s -диаграмме одинаково. Но в математических моделях отличия в схемах (и в циклах) учитываются. В каждом смешивающем подогревателе питательная вода нагревается до температуры конденсата греющего пара, а в поверхностном подогревателе питательная вода, проходящая внутри трубок, нагревается до температуры на 5°C более низкой, чем температура конденсата греющего пара, а сам конденсат сливается в последующий подогреватель более низкого давления (каскадная схема слива конденсата).

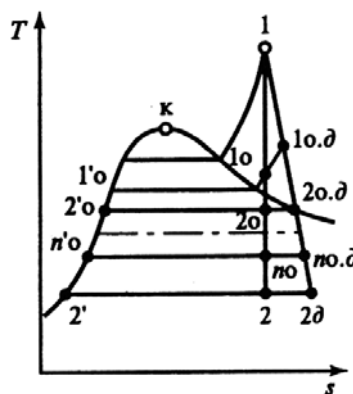


Рис. 5. Цикл ПТУ с подогревателями системы регенерации

Регулируемыми параметрами в цикле ПТУ с регенерацией, которые задает преподаватель и которые необходимо ввести в компьютер, приняты: начальные параметры пара p_1 и t_1 , давление в конденсаторе p_2 , внутренние относительные КПД турбины η_{oi}^T и насоса η_{oi}^H , расход пара D , температура питательной воды $t_{пв}$ и количество подогревателей системы регенерации n .

Число подогревателей в схеме можно изменять от 0 до 50, но в модели для сравнения определяется также термический КПД обратимого цикла при бесконечно большом числе подогревателей $\eta_{n=\infty}$.

Также задается принцип распределения давлений пара в отборах турбины: или таким, чтобы повышение температуры питательной воды в каждом подогревателе было одинаковым, или таким, чтобы подогревы воды следовали закону

геометрической прогрессии (соответственно, **Even** или **Geom** в таблице задаваемых параметров).

Характеристиками цикла являются: термический η_i и внутренний η_i КПД цикла, степень сухости пара за турбиной $x_{2\partial}$, средняя температура подвода теплоты в цикле t_{1cp} , температура насыщения пара при давлении p_1 , суммарная доля пара всех отборов турбины $\sum \alpha_i$ и мощность ПТУ N .

Вначале исследование проводится с использованием программы “**Цикл Ренкина на перегретом паре**”, которую нужно выбрать из меню. Далее при максимально большой температуре острого пара t_1 проследить рост внутреннего КПД цикла при увеличении начального давления пара p_1 вплоть до значений $p_{1,пред}$, при которых степень сухости пара за турбиной или $x_{2\partial}$ станет равной 0.85, что соответствует максимально возможной влажности пара 15%. После чего при тех же неизменных *регулируемых параметрах* $t_1, p_1 = p_{1,пред}, p_2$ продолжить исследование **цикла ПТУ с регенерацией**. Для этого, установив принцип распределения давлений пара в отборах турбины **Even** или **Geom**, для $n = 1$, меняя температуру питательной воды $t_{пв}$ от t_2 до $t_{1нас}$, установить оптимальную температуру питательной воды $t_{опт}$, при которой КПД необратимого (действительного) цикла максимален и его значение $\eta_i^{макс}$. Повторив исследование зависимости $\eta_i = f(t_{пв})$ для 2-х – 3-х значений n в интервале от $n = 2$ до $n = 6$, можно получить зависимость $\eta_i^{макс}$ от количества подогревателей системы регенерации.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Созданный лабораторный электронный практикум прошел свою апробацию в учебной лаборатории Технической термодинамики кафедры Теоретических основ теплотехники им. М.П. Вукаловича Национального исследовательского университета «МЭИ» в реальных условиях, когда через лабораторию в соответствии с расписанием учебных занятий «проходит» несколько десятков студенческих групп.

Создание практикума позволило в рамках расписания проводить лабораторные занятия по исследованию влияния параметров пара и других факторов на характеристики термодинамических циклов паротурбинных установок.

Большое число регулируемых параметров и характеристик циклов позволяет, во-первых, разнообразить и увеличить число постановочных заданий, сделав их практически индивидуальными, что фактически означает создание новых лабораторных работ.

Во-вторых, возможно создание новых более сложных лабораторных работ, в которых исследуется влияние двух и более факторов.

Требования к оборудованию для работы с практикумом: на стороне пользователя – ПК с

процессором с частотой не менее 300 МГц, объемом оперативной памяти не менее 64 Мб; на стороне сервера: ПК с процессором с частотой не менее 300 МГц, не менее 256 Мб оперативной памяти, не менее 70 Мб свободного места на жестком диске.

Требования к программному обеспечению: на стороне студента и преподавателя – операционная система от Windows XP до Windows 7.

СПИСОК ОБОЗНАЧЕНИЙ

p — давление, МПа;
 t — температура, °С;
 v — удельный объем, м³/кг;
 N — мощность, МВт;
 D — расход пара, кг/с;
 T_{1cp} — средняя температура подвода теплоты к циклу, К;
 l — удельная работа, кДж/кг;
 x — степень сухости влажного пара, — ;
 η_i — термический КПД обратимого цикла, %;
 η_i — внутренний КПД необратимого цикла, %;
 η_{oi} — внутренний относительный КПД, %;
 α_i — доли отборов пара из турбины, — .
Индексы:
пту — паротурбинная установка;
т — турбина;
н — насос;
чвд, чсд, чнд — часть высокого, среднего и низкого давлений;
д — действительный (необратимый) процесс;
пв — питательная вода;
пред — предельные значения;
1, 2, 2д, 3, А, В, Вд, С, Сд, D и т.п. — соответствуют состояниям водяного пара на диаграммах рис.2 – рис.5.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кириллин В.А.** Техническая термодинамика/ В.А. Кириллин, В.В. Сычев, А.Е. Шейншлин. – 6-е изд. – М.: Издательский дом МЭИ, 2017. 502с.
2. **Термодинамические основы циклов** теплоэнергетических установок – М.: Издательство МЭИ, 2004. 158с.
3. **Зубарев В.Н.** Практикум по технической термодинамике/ В.Н. Зубарев, А.А. Александров, В.С. Охотин. – 3-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1986. 304 с.
4. **Александров, А.А.** Теплофизические свойства рабочих веществ теплоэнергетики: справочник / А.А. Александров, К.А. Орлов, В.Ф. Очков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский дом МЭИ, 2017. 226с.
5. **Охотин В.С.** Математическое моделирование термодинамических циклов ТЭС/ В.С. Охотин, А.А. Александров, В.В. Царев. – М.: Издательство МЭИ, 2006. 32 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРАСЧЕТНОГО РЕЖИМА ИСТЕЧЕНИЯ ГАЗА С ТРЕНИЕМ ИЗ СУЖИВАЮЩЕГОСЯ СОПЛА В ЛАБОРАТОРИИ ТЕРМОДИНАМИКИ

АННОТАЦИЯ

В работе исследуется влияние трения на параметры газа при его течении с трением в суживающихся соплах. Особое внимание уделяется определению параметров газа в выходном (минимальном) сечении суживающегося сопла, работающего в нерасчетном режиме, когда давление газа за соплом меньше критического давления ($p_{cp} < p_{кр}$). В качестве уравнения процесса расширения газа с трением принято уравнение политропного процесса $pv^n = \text{const}$, в котором показатель политропы $n = \text{const}$ характеризует степень необратимости, вызванную трением. Используемая математическая модель позволяет определить термодинамические свойства и скорость газа в произвольном сечении, в том числе в выходном сечении. В работе предусмотрено сравнение параметров и скорости газа, полученных для необратимого процесса (с трением) и для обратимого (изэнтропного) процесса, не учитывающего трение.

Ключевые слова – суживающееся сопло, сопло Лавала, политропный процесс, истечение газа с трением

1. ВВЕДЕНИЕ

В справочной литературе [1] при определении критического давления используется уравнение Пуассона $pv^k = \text{const}$, где k – показатель адиабаты, которое справедливо только для адиабатного, обратимого (изэнтропного) процесса 0-кр (рис.1). Для адиабатного (необратимого из-за трения) процесса 0-а (рис.1) уравнение Пуассона применять нельзя. Подход, предложенный к определению параметров в выходном сечении суживающегося сопла в нерасчетном режиме при истечении с трением, отличается от предлагаемого в [1].

В настоящей работе в качестве уравнения процесса расширения газа с трением 0-а (рис.1) принято уравнение политропного процесса $pv^n = \text{const}$, в котором показатель политропы $n = \text{const}$ ($1 < n < k$) характеризует степень необратимости, вызванную трением. Очевидно, что использование уравнения политропного процесса вместо уравнения Пуассона приведет в нерасчетных режимах работы суживающегося сопла, когда давление газа за соплом меньше критического давления, к другим значениям давления газа в минимальном (выходном) сечении. Следовательно, изменятся и скорость газа на выходе из суживающегося сопла, и площадь выходного сечения и удельный объем газа в этом сечении.

2. ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА

На рис.1 показан обратимый процесс течения газа в суживающихся соплах, когда трения нет (0-кр), и необратимый процесс, когда имеет место выделе-

ние теплоты трения; в соответствии с [1] – это процесс 0-а. Т.е. давление в минимальных сечениях суживающегося сопла и в соплах Лавала при течении с трением такое же, что и при изэнтропном течении без трения, $p_a = p_{кр}$ [2].

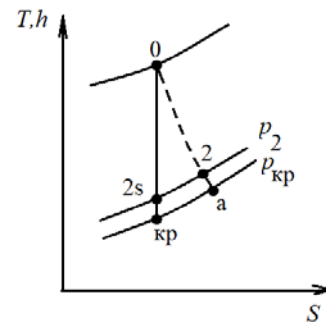


Рис.1. $T(h),s$ - диаграмма процесса течения газа в суживающихся соплах и в суживающейся части сопла Лавала при давлении газа за соплами меньше критического давления.

По [1] трение учитывается скоростным коэффициентом сопла

$$\varphi = w_a / w_{кр}, \quad (1)$$

где $w_{кр}$ – скорость в выходном (критическом сечении) при течении без трения, w_a – скорость в минимальном сечении с учетом трения.

Принятая в настоящей работе модель процесса расширения газа в соплах (0-а) $pv^n = \text{const}$ позволяет установить только взаимосвязь между давлением, температурой и удельным объемом. Т.к. процесс 0-а адиабатный и необратимый, то теплота этого процесса равна нулю, а теплота равновесного обратимого политропного процесса равна теплоте выделяющейся в результате трения в необратимом процессе 0-а [3].

Приняты следующие допущения:

1. поток газа считается одномерным и стационарным;
2. газ считается идеальным, а его теплоемкость не зависящей от температуры.

Для процесса 0-кр отношение давлений на срезе сопла к давлению полного адиабатного торможения рассчитывается по соотношению

$$\pi_{кр} = \frac{p_{кр}}{p_0} = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}}. \quad (2)$$

Используя соотношение между давлением и температурой в адиабатном процессе идеального газа и уравнение (2), получаем

$$T_{кр} = T_0 (\pi_{кр})^{\frac{k-1}{k}}. \quad (3)$$

Аналогичным образом для течения с трением (0-а, рис.1) получаем

$$\frac{p_a}{p_n} = \left(\frac{2}{n+1}\right)^{\frac{n}{n-1}}; \quad (4)$$

$$T_a = T_0 (\pi_{кр})^{\frac{n-1}{n}}. \quad (5)$$

Применяя допущение о независимости теплоемкости от температуры, подставим (3) и (5) в (1) и находим взаимосвязь между двумя коэффициентами φ и n , которые характеризуют степень необратимости рассматриваемых процессов

$$\varphi^2 = \frac{h_0 - h_a}{h_0 - h_{кр}} = \frac{1 - (\pi_{кр})^{\frac{n-1}{n}}}{1 - (\pi_{кр})^{\frac{k-1}{k}}}. \quad (6)$$

Из (6) можно получить обратную зависимость показателя политропы n от скоростного коэффициента φ

$$n = \frac{\ln(\pi_{кр})}{\ln\left(\frac{\pi_{кр}}{1 - \varphi^2 + \varphi^2(\pi_{кр})^{\frac{k-1}{k}}}\right)}. \quad (7)$$

На рис.2 показана зависимость $n = f(\varphi)$ для различных значений показателя адиабаты k . При $\varphi = 0 \rightarrow n = 1$ происходит изотермический процесс, при $\varphi = 1 \rightarrow n = k$ - адиабатный процесс. При небольших значениях скоростного коэффициента φ значения n практически одинаковы, т.е. не зависят от атомности идеального газа. Практический интерес представляет изменение скоростного коэффициента φ в диапазоне от 0,7 до 1. Из рис. 2 видно, что при одинаковом n потери скорости из-за трения будут выше у 1-атомного газа, чем у 2-х атомного, у которого, в свою очередь, потери больше, чем у многоатомного.

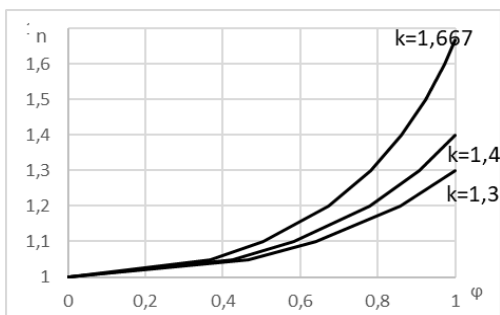


Рис. 2. Взаимосвязь между коэффициентом скорости φ и показателем политропного процесса n для одноатомного ($k = 1,667$), двухатомного ($k = 1,4$) и многоатомного ($k = 1,3$) газов для процесса 0-а (рис. 1).

Для определения давления в минимальном сечении p_2 , при котором расход газа максимален, используем уравнение неразрывности, уравнение для скорости истечения и уравнение политропного процесса для текущего значения $\pi = p/p_0$. В результате получаем

$$m = \frac{f_2 \cdot w}{v} = f_2 \sqrt{2 \frac{k}{k-1} \cdot \frac{p_0}{v_0} \cdot \left[\frac{2}{\pi^n} - \pi^{\frac{n+1}{n}} \right]} \quad (8)$$

Приравняв нулю первую производную от (8) по π , получаем давление в минимальном сечении

$$\pi_2 = \frac{p_2}{p_0} = \left(\frac{2}{n+1}\right)^{\frac{n}{n-1}}. \quad (9)$$

Для сравнения давлений в минимальном сечении при истечении с трением p_2 и при истечении без трения $p_{кр}$ оценим численно их отношение

$$\frac{p_2}{p_{кр}} = \frac{\pi_2}{\pi_{кр}} = \frac{\left(\frac{2}{n+1}\right)^{\frac{n}{n-1}}}{\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}}}. \quad (10)$$

Показатель политропы $n < k$, следовательно $p_2 > p_{кр}$, что соответствует т.2 на рис.1. Таким образом, в минимальном сечении давление при наличии трения выше критического давления. На рис.3 видно, что при $n = 1,2$ давление в минимальном сечении выше критического давления на 3,5% для многоатомных газов ($k = 1,3$); на 7% для 2-атомных газов ($k = 1,4$) и на 16% для 1-атомного газа ($k = 1,667$). Кроме того, можно сделать вывод о том, что для 1-атомных газов влияние трения более весомо, чем для многоатомных. Наибольшее отличие p_2 от $p_{кр}$ наблюдаются для одноатомных газов, наименьшее - для многоатомных газов.

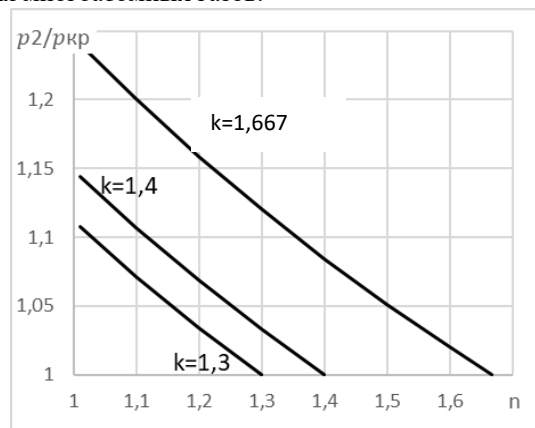


Рис. 3. Зависимость отношения давлений в минимальном сечении при истечении с трением к давлению в обратимом процессе для одноатомного ($k = 1,667$), двухатомного ($k = 1,4$) и многоатомного ($k = 1,3$) газов.

Более высокие значения давления p_2 по сравнению с давлением p_a приводят к тому, что скорость газа в минимальном сечении сопла становится меньше, чем при давлении $p_a = p_{кр}$. Из рис. 3 видно, что чем больше трение, тем меньше показатель политропы n и больше различие между давлениями p_2 и $p_{кр}$ (рис.1)

Скорость газа при течении с трением в минимальном сечении при давлении $p_{кр}$ (процесс 0-а, рис.1) имеет вид

$$w_a = \left[2 \frac{k}{k-1} RT_0 \left(1 - \pi_{кр}^{\frac{n-1}{n}} \right) \right]^{1/2}, \quad (11)$$

а при давлении p_2 (процесс 0-2), используя соотношение (9), находим скорость

$$w_2 = \left[2 \frac{k}{k-1} RT_0 \frac{n-1}{n+1} \right]^{1/2}. \quad (12)$$

Сравнение значений скорости газа, рассчитанные по формулам (11) и (12), представлено на рис.4 в виде отношения этих скоростей (w_2/w_a) при тече-

нии с трением при давлениях p_2 и $p_{кр}$ в зависимости от n и k .

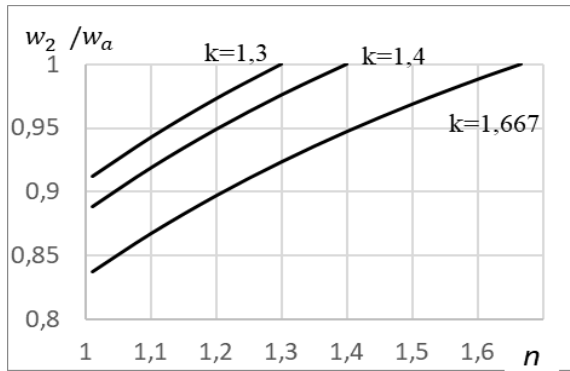


Рис. 4. Зависимость отношения скоростей в минимальном сечении при истечении с трением w_2/w_a для одноатомного ($k = 1,667$), двухатомного ($k = 1,4$) и многоатомного ($k = 1,3$) газов.

Из рис.4 видно, что при $n = 1,2$ скорость истечения w_2 при p_2 будет меньше скорости истечения w_a при давлении $p_{кр}$: для многоатомных газов на 2,5%, для 2-атомных на 5%, для 1-атомных газов – на 10%.

Удельный объем газа в минимальном сечении рассчитывается по уравнению политропного процесса $pv^n = \text{const}$, используя соотношения (2) и (9) получаем

$$v_2 = v_0 / \left(\frac{2}{n+1} \right)^{\frac{1}{n-1}}, \quad (13)$$

$$v_a = v_0 / \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{n(k-1)}}. \quad (14)$$

На рис.5. представлены зависимости отношения удельных объемов v_2/v_a от показателя политропного процесса n и показателя адиабаты k .

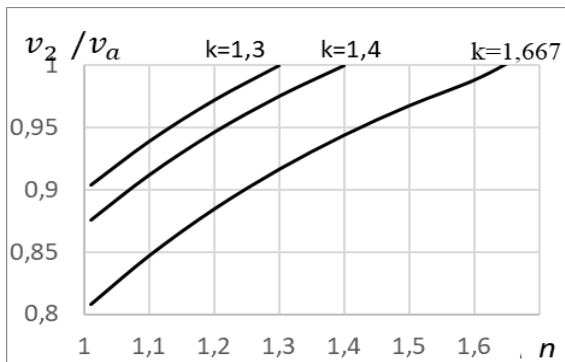


Рис. 5. Зависимость отношения удельных объемов v_2/v_a в минимальном сечении при течении с трением для одноатомного ($k = 1,667$), двухатомного ($k = 1,4$) и многоатомного ($k = 1,3$) газов.

Из рис.5 видно, что, например, при $n = 1,2$ удельный объем при давлении p_2 будет меньше удельного объема при критическом давлении для многоатомных газов на 2,7%, для 2-атомных на 5,2%, и для 1-атомных газов на 12%.

Не составляет труда определить различие в значениях площади минимальных сечений (при фиксированном массовом расходе газа) в виде отношения площадей, используя уравнение неразрывности

$$\frac{f_2}{f_a} = \frac{v_2 w_a}{v_a w_2}. \quad (15)$$

Зная отношения удельных объемов (13), (14) и отношения скоростей (11), (12), можно построить зависимость отношения площадей (f_2/f_a) от показателя политропы n и показателя адиабаты k (рис.6).

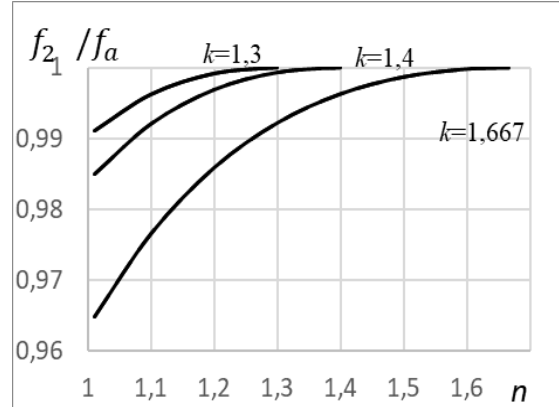


Рис. 6. Зависимость отношения площадей в минимальном сечении при истечении с трением f_2/f_a для одноатомного ($k = 1,667$), двухатомного ($k = 1,4$) и многоатомного ($k = 1,3$) газов.

Уточнение давления в минимальном сечении при истечении с трением менее всего оказывает влияние на площадь этого сечения. Так, при $n = 1,2$ для 1-атомного газа площадь выходного сечения суживающегося сопла f_2 должна быть меньше площади f_a , рассчитанной по параметрам газа в состоянии «а», на 1,4%, для 2-атомного газа – на 0,3%; для многоатомного газа – менее чем на 0,1%.

Таким образом, большим значениям теплоты трения, выделяемой в соплах, соответствует политропный процесс с меньшим показателем политропы n и, соответственно, большим отличиям параметров газа в состоянии 2 от параметров в состоянии «а». Характер отличий между параметрами газа в состояниях 2 и «а» для двух- и многоатомных газов сохраняется таким же, что и для одноатомных газов, но абсолютные значения отклонений p_2 от p_a , v_2 от v_a и w_2 от w_a – меньше.

3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Работа реализуется в пакете Excel, с применением встроенного в него пакета Visual Basic.

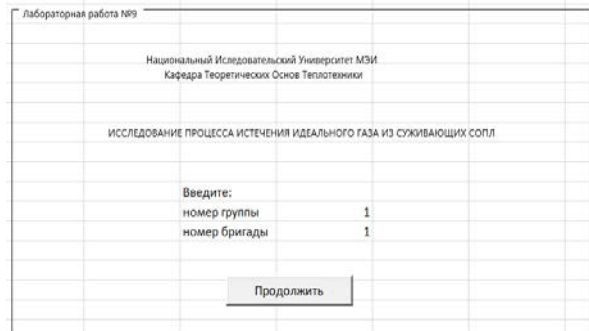


Рис. 7. Начало работы.

Целью представленной лабораторной работы является изучение процесса истечения идеального газа из суживающегося сопла. Схема рассматриваемой установки представлена на рис.8 [4].

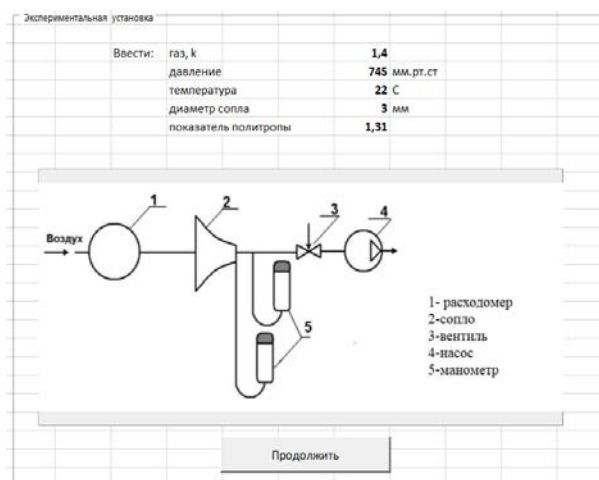


Рис. 8. Схема экспериментальной установки.

На вход установки поступает идеальный газ (воздух) из помещения лаборатории с начальными температурой и давлением, значения которых вносятся в соответствующие ячейки в форме «экспериментальная установка», приведенной на рис.8. Вентилем 3 устанавливается давление среды за соплом, влияющее на давление идеального газа на срезе сопла, его скорость и массовый расход. В ходе эксперимента через суживающееся сопло 2 протекает идеальный газ и с помощью вакуумного насоса 4 он удаляется из установки.

По заданию преподавателя задаются значение минимального диаметра сопла и показатель политропного процесса n (или скоростного коэффициента ϕ). В ходе математического эксперимента изменяется давление среды и давление на выходе из сопла.

4. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТОВ

Обработка результатов математического эксперимента проводится в следующей последовательности. Студентам задаются в качестве экспериментальных данных давление среды, отношение давлений β и давление на выходе из суживающегося сопла. В случае режима истечения из суживающегося сопла без трения происходит изоэнтропный процесс $s = \text{const}$. Зная параметры полного адиабатного торможения идеального газа (начальные температура и давление) и давление на выходе из сопла и используя следующие соотношения

$$\frac{\pi_{02}}{\pi_{00}} = \frac{p_2}{p_0} \quad \text{или} \quad \Delta s = s_2^0 - s_0^0 - R \ln \frac{p_2}{p_0}, \quad (16)$$

определяется на выходе из сопла температура или энтропия s_2^0 . Далее по [5] или [6] находятся параметры в выходном сечении – h , T . Рассчитывается скорость истечения по уравнению

$$w_2 = 44,72 \sqrt{h_0 - h_2}, \quad (17)$$

а из уравнения неразрывности (8) – расход m . Удельный объем, входящий в уравнение (8), определяется по уравнению Клапейрона – Менделеева

$$v_2 = \frac{R \cdot T_2}{p_2}. \quad (18)$$

Расчет процесса истечения с трением ведется согласно описанной выше модели при заданном коэффициенте политропы n . Используя уравнение связи между параметрами состояния p и T в политропном процессе

$$T_{2д} = T_0 \left(\frac{p_2}{p_0} \right)^{\frac{n}{n-1}}, \quad (19)$$

находится действительная температура, по которой, используя [5] или [6], определяются $h_{2д}$ и $s_{2д}$. Далее определяются расход и скорость в выходном сечении сопла $w_{2д}$, $m_{2д}$ и коэффициенты, характеризующие эффективность сопла – коэффициент потери скорости (1) ϕ и коэффициент расхода

$$\mu = \frac{m_{2д}}{m_2}. \quad (20)$$

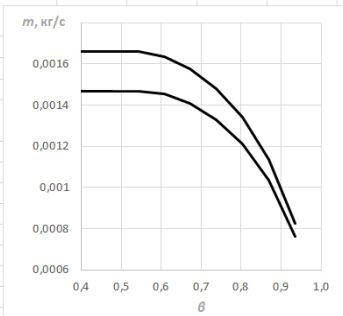
На рис.9 представлен экселевский лист с таблицами, в которых черным шрифтом выделены величины, заданные в лабораторной работе, а серым шрифтом величины, которые необходимо найти. В данном случае приведен пример для 2-х атомного идеального газа с $k=1,4$ и $n=1,31$, протекающего через суживающееся сопло с диаметром выходного сечения 3 мм. В качестве начальных параметров воздуха приняты барометрическое давление 745 мм.рт.ст и температура в помещении 22 С.

На рис.9 представлены 4 таблицы. В первой таблице «параметры полного адиабатного торможения» приведены эти параметры идеального газа, во второй «параметры идеального газа на выходе из сопла» – приведены параметры истечения из суживающегося сопла без учета трения по [1]. В третьей таблице «параметры действительного процесса на выходе из сопла» – рассчитаны параметры идеального газа на выходе из сопла с учетом трения по описанной выше модели [3] при $n = \text{const}$, и в этой же таблице приведены коэффициенты потери скорости и коэффициенты расхода, посчитанные при одних давлениях в выходном сечении суживающегося сопла с учетом трения и без трения. В последней таблице «уточнение максимума» с минимальным шагом по давлению рассчитаны значения массового расхода. На рис. 9 построены 2 диаграммы. Первая – показывает зависимость массового расхода m от β для режимов истечения изоэнтропного (без учета трения) и политропного (учитывающего трение) и построена по данным таблиц 2 и 3. Вторая диаграмма также отражает зависимость $m = f(\beta)$ и является иллюстрацией к таблице 4 «уточнение максимума».

Определение максимума расхода

Параметры полного адиабатного торможения				
р0, бар	T0, К	h0, кДж/кг	so0, кДж/кгК	so, кДж/кгК
0,993252	295,15	295,30	6,6858	0,0796

Параметры ИГ на выходе из сопла (k=const)							
№ опыта	ркр, бар	$\beta = p_{кр}/p_0$	рi, бар	soi, кДж/кгК	hi, кДж/кг	wi, м/с	mi, кг/с
1	0,93	0,935	0,928	6,6663	289,66	289,79	104,9187018
2	0,86	0,869	0,863	6,6455	283,66	283,77	151,8254488
3	0,80	0,804	0,798	6,6230	277,32	277,41	189,1486637
4	0,73	0,738	0,733	6,5986	270,58	270,65	222,0085953
5	0,67	0,673	0,668	6,5720	263,39	263,44	252,4082041
6	0,60	0,607	0,603	6,5426	255,66	255,69	281,4369096
7	0,54	0,544	0,540	6,5110	247,56	247,57	308,9369742
8	0,48	0,479	0,524	6,5025	245,41	245,42	315,8374307
9	0,41	0,413	0,524	6,5025	245,41	245,42	315,8374307
10	0,35	0,348	0,524	6,5025	245,41	245,42	315,8374307



параметры действительного процесса на выходе из сопла (n=const)											
№ опыта	$\beta = p_{кр}/p_0$	рiд, бар	Tiд, К	hiд, кДж/кг	soiд, кДж/кгК	siд, кДж/кгК	wiд, м/с	Ф	miд, кг/с	$\mu = m_{iд}/m_i$	viд, м3/кг
1	0,935	0,928	290,46	290,5901	6,669682	0,083009	97,01146782	0,92463466	0,000763	0,922102	0,898379
2	0,869	0,863	285,51	285,6265	6,652446	0,086616	139,0600846	0,91592079	0,001035	0,909983	0,94957
3	0,804	0,798	280,27	280,37	6,633864	0,09051	172,7719005	0,91341856	0,001211	0,903788	1,008043
4	0,738	0,733	274,70	274,7769	6,613707	0,094738	202,5725887	0,91245381	0,001331	0,898785	1,075566
5	0,673	0,668	268,73	268,7925	6,591682	0,099362	230,2251848	0,91211451	0,001409	0,89399	1,154544
6	0,607	0,603	262,30	262,3469	6,567404	0,104464	256,6984798	0,91209955	0,001453	0,889008	1,248347
7	0,544	0,540	255,55	255,5782	6,541261	0,109963	281,8343534	0,91227136	0,001466	0,883756	1,357914
8	0,479	0,540	255,54	255,5734	6,541242	0,109967	281,8516974	0,89239485	0,001466	0,882857	1,357997
9	0,413	0,540	255,54	255,5734	6,541242	0,109967	281,8516974	0,89239485	0,001466	0,882857	1,357997
10	0,348	0,540	255,54	255,5734	6,541242	0,109967	281,8516974	0,89239485	0,001466	0,882857	1,357997

Уточнение максимума расхода

рiд, бар	$\beta = p_{кр}/p_0$	Tiд, К	hiд, кДж/кг	soiд, кДж/кгК	siд, кДж/кгК	wiд, м/с	miд, кг/с
0,54020	0,54387	255,53	255,56703	6,541217	0,109972	281,8742	0,00146633714
0,54025	0,54392	255,54	255,57264	6,541239	0,109968	281,8543	0,00146633721
0,54030	0,54397	255,55	255,57825	6,541261	0,109963	281,8344	0,00146633725
0,54035	0,54402	255,55	255,58386	6,541283	0,109958	281,8145	0,00146633728
0,54040	0,54407	255,56	255,58947	6,541305	0,109954	281,7945	0,00146633730
0,54045	0,54412	255,56	255,59508	6,541327	0,109949	281,7746	0,00146633729
0,54050	0,54417	255,57	255,60068	6,541349	0,109944	281,7547	0,00146633727
0,54055	0,54422	255,57	255,60629	6,541371	0,10994	281,7348	0,00146633724
0,54060	0,54427	255,58	255,6119	6,541393	0,109935	281,7149	0,00146633718
0,54065	0,54432	255,59	255,6175	6,541415	0,109931	281,695	0,00146633711

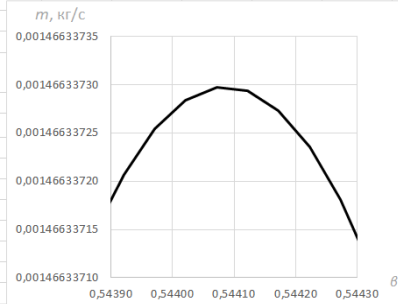


Рис. 9. Обработка результатов опыта

Реализация модели истечения

Параметры в минимальном сечении

	ркр (p2), бар	сокр (so2s), кДж/кгК	Tкр (T2s), К	(h2s), кДж/кг	(w2s), м/с	soa (so2), кДж/кгК	sa (s2), кДж/кгК	Ta (T2), К	ha (h2), кДж/кг	wa (w2), м/с	Ф
k=const	0,5247	6,503	245,45	245,45	315,72	6,50	0,079713	253,78	253,81	288,04	0,912334
n=const	0,5403	6,511	247,55	247,57	308,96	6,51	0,079710	255,54	255,57	281,85	0,912272
$\delta, \%$	2,96	0,13	0,86	0,86	-2,14	0,13	-0,003628	0,69	0,69	-2,15	-0,01

р2, бар	ркр, бар	$\Delta p, \%$
0,540	0,525	2,96

V2, м3/кг	Va, м3/кг	$\Delta v, \%$
1,358	1,389	2,20

w2, м/с	wa, м/с	$\Delta w, \%$
281,85	288,04	2,15

процесс	р, бар	T, К	m, кг/с	μ	w, м/с	Ф
0-2s		247,55	0,00165921		308,96	
0-2	0,540	255,54	0,00146634	0,883756	281,85	0,912272
0-кр		245,45	0,00166090		315,72	
0-a	0,525	253,78	0,00146634	0,882857	288,04	0,912334
$\delta, \%$	2,96			0,10		0,01

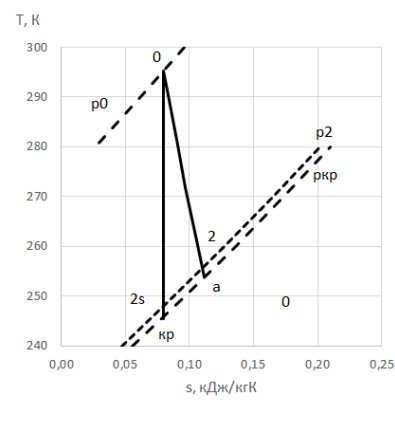


Рис. 10. Параметры газа в минимальном сечении

Как видно из результатов расчета (рис.9) максимальные расходы при истечении без трения и с трением соответствуют различным значениям β . Одна из задач лабораторной работы сводится к определению β , а следовательно, и давления в минимальном сечении, при котором расход максимален. Для определения точного значения β необходимо рассчитать его в небольшом интервале изменения давления вблизи максимума расхода с малым шагом. На рис. 9 приведен расчет «Уточнение максимума» и диаграмма $m=f(\beta)$, из которых видно, что для данного примера максимальный расход составляет $m_2 = 0,0014663373$ кг/с при $\beta = 0,54407$. Следовательно, в минимальном сечении давление $p_2 = 0,5404$ бар. По [1] для 2-атомных идеальных газов $\beta = 0,528$, т.е. погрешность в определении отношения давлений составляет $\Delta\beta = 0,016$ или $\delta\beta = 3,04$ %.

Ts -диаграмма процесса истечения из суживающего сопла без учета трения и с учетом трения при рассматриваемых параметрах показан на рис. 10. Также на этом рисунке в таблице 1 «параметры в минимальном сечении» приведены параметры идеального газа в минимальном сечении сопла, рассчитанные как по [1], так и по рассмотренной модели истечения. В таблице 2 рассмотрены 4 процесса: процессы без трения 0-2s и 0-кр и с учетом трения 0-2 и 0-а, приведены параметры в минимальном сечении – давление p и температура T идеального газа, расход и скорость.

Результаты расчета показывают, что давление в минимальном сечении больше критического давления почти на 3%, расход на 0,06% выше (в процессе 0-2, по сравнению с процессом 0-а), а скоростной коэффициент практически одинаков.

При сравнении скорости истечения с учетом трения, определенной как рекомендовано в [1], в процессе 0-а, где точка «а» лежит на критической изобаре, и скорости, рассчитанной по описанной модели - процесс 0-2, где точка 2 лежит на изобаре p_2 , расхождение составляет $\Delta w = 6,2$ м/с или $\delta w = 2,15$ %.

Таким образом, в результате выполненной работы получаем, что максимумы расходов газа при течении без трения и с трением находятся при отличающихся давлениях, а истинный коэффициент потери скорости равный отношению w_2 к $w_{кр}$ составляет 0,8927.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанная лабораторная работа «Исследование нерасчетного режима истечения газа с трением из суживающего сопла» достаточна объемна, для ее выполнения необходимо проделать множество вычислений и графических построений, поэтому использование пакета Excel значительно упрощает математическую составляющую работы. Выполнение работы позволяет студентам исследовать процессы, происходящие при истечении идеального газа из суживающегося сопла и оценить влияние трения на параметры процесса.

СПИСОК ОБОЗНАЧЕНИЙ

T — температура, К;
 p — давление, бар;
 k — показатель адиабаты;
 n — показатель политропы;
 w — скорость газа, м/с;
 m — расход газа кг/с;
 f — площадь сечения сопла, м²;
 v — удельный объем газа, м³/кг;
 μ — коэффициент расхода;
 φ — скоростной коэффициент.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Теоретические** основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент: Справочник/-М.: Издательство МЭИ, 2001.-564с.
2. **Кириллин В.А.** Техническая термодинамика/В.А. Кириллин, В.В. Сычев, А.Е. Шейндлин. -6-е изд.-М.: Издательский дом МЭИ, 2017.-502с.
3. **Охотин В.С., Джураева Е.В.** Влияние трения на параметры газа в минимальном сечении сопла. - Электронный журнал «Новое в российской энергетике», №3 2019.-с.15-24.
4. **Охотин В.С., Прусаков П.Г.** Исследование адиабатного процесса течения воздуха в суживающих соплах: Лабораторная работа №9. -М.: Издательство МЭИ, 2013.-12с.
5. **Ривкин С.Л.** Термодинамические свойства газов. – 4-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1987.-287 стр.
6. **Александров А.А., Орлов К.А., Очков В.Ф.** Программа вычисления теплофизических свойств веществ WaterSteamPro / www.wsp.ru

Работа поддержана РФФИ №18-08-01343

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ВИДЕО И АСТЮН КАМЕР ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ И ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ КОЛЕБАНИЙ КОНСТРУКЦИИ В ЛАБОРАТОРИИ «МЕХАНИКА КОМПОЗИТОВ КАФЕДРЫ РМ и ДПМ»

АННОТАЦИЯ

Преподавание курсов «Механика композиционных материалов» и «Экспериментальная механика» для магистров специальности РМДПМ предполагает активное использование видеоинформации, аудиоинформации описывающей быстропротекающие механические процессы. В данной работе проведено экспериментальное исследование низкоскоростного динамического нагружения по типу изгиба балки по трехточечной схеме (рис.1,а) и анизотропного слоистого полупространства (рис.2,а). По результатам скоростной видеофиксации проведена оценка дефектности модели. Исследование, представленное в данной работе, широко применяется при постановке лабораторных работ по курсам «механики композитов», «экспериментальной механике», «теории колебаний», «Физике прочности»

Ключевые слова – видеоинформация, видеопроцессор, высокоскоростная видеокамера, композитный материал, трехточечная схема нагружения, низкоскоростной удар, анизотропное полупространство

1. ВВЕДЕНИЕ

Композиты находят широкое применение в энергомашиностроении как в качестве электроизоляционного так и конструкционного материала. Глубокое изучение механики композитов их поведения в различных средах при вариативном нагружении необходимо для глубокого понимания студентами механики композитов и дальнейшем использовании в области электроэнергетики.

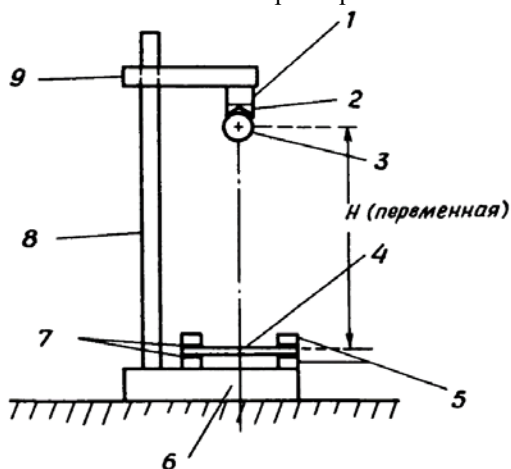


Рис. 1,а. Схема нагружения: 1-3-индентор; 4- конструктивный элемент; 5,7-опоры; 6,8,9-основание.

Эффективные методы оценки поведения машиностроительных конструкций из композитов доста-

точно детально разработаны для статического нагружения [1-3]. Эффективные методы оценки поведения машиностроительных конструкций из композитов достаточно детально разработаны для статического нагружения [1-3]. Вместе с тем не существует сравнимых по эффективности методов расчета поведения конструкций из композитов при динамическом, низкоскоростном нагружении (рис.1,2,а,б).



Рис. 1,б. Вид экспериментальной установки. В лаборатории «Механика композитов» кафедры «РМДПМ»:

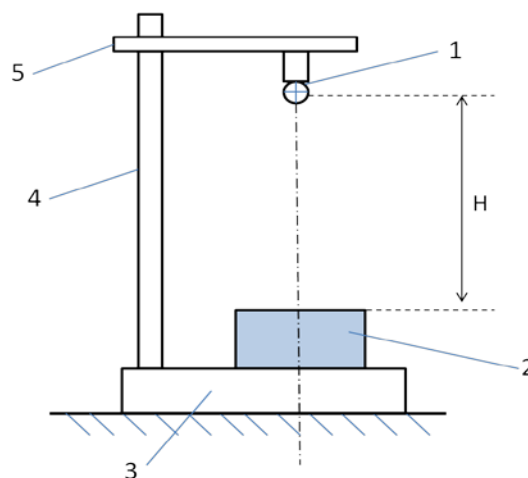


Рис. 2,а. Схема нагружения массивного образца: 1- ударник; 2-исследуемый образец; 3,4,5-основание.

Информация о динамическом нагружении получена с использованием скоростной видеокамеры.

К этим параметрам относится Значительный интерес представляет ускорение ударника, прогиб мишени пятно контакта, повреждение композитного материала.

2. ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРА РЕАКЦИИ КОМПОЗИТОВ НА УДАРНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

2.1. Структура геометрической схематизации

Для исследования характера реакции композитов на ударное воздействие падающим грузом (рис.1, 2) использовались фотокамеры SONY RX-100 m4, и Action камера GoPro 6 [4]. Сопоставлено точное теоретическое решение и результаты, полученные экспериментально

3. АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

3.1. Типы нагружения

Современные видеокамеры позволяют фиксировать быстро протекающие процессы со скоростью до 1000 кадров в секунду - SONY RX-100 m6 (рис.3). Съемка ограничена 4000 кадров. И со скоростью до 250 кадров в секунду без ограничения длины ролика (рис. 4)

Зависимость перемещения ударника от скорости представлена на рис. 5



Рис. 3. Скорость видеосъемки (кадров в секунду).

Эффективные методы оценки поведения машиностроительных конструкций из композитов достаточно детально разработаны для статического нагружения [1-3]. Вместе с тем не существует сравнимых по эффективности методов расчета поведения конструкций из композитов при динамическом, низкоскоростном нагружении (рис.1, 2,а,б).

Зависимость смещения ударника со сферическим индентером от энергии ударника массой $m=15$ кг показана на рис.6.



Рис. 4. Разрешение видеосъемки (число линий по горизонтали)

При видеосъемке процесса нагружения скорость затвора меньше, чем время между кадрами. Это позволяет избежать смазывания изображения. Таким образом, численное значение параметра смещения ударника необходимо оценивать в сравнении с размерами конструктивного композитного элемента.

В нашем случае в лаборатории «Механики композитов» скорость ударника варьируется от 1 до 10 м/с (рис. 1, 2).

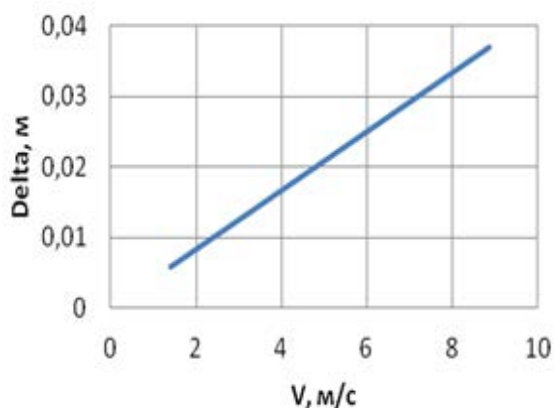


Рис. 5. Зависимость перемещения ударника от скорости при частоте 240 кадров в секунду

Для обработки видеoinформации, применяются программные средства – видео процессоры (рис.7).

Видео процессоры позволяют замедлить или увеличить скорость видеофиксации и работать с отдельными кадрами динамического нагружения.

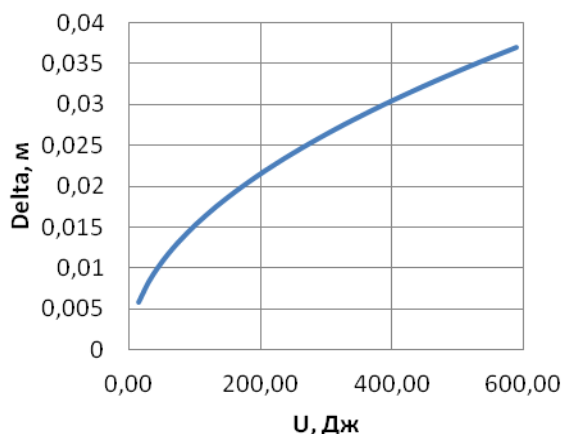


Рис. 6. Зависимость перемещения ударника от энергии при частоте 240 кадров в секунду

Разрешение в 720-1080 строк вполне достаточно для выделения отдельных кадров из видеоматериала. Отдельный кадр позволяет фиксировать прогиб балки.

Зависимость прогиба от энергии ударника по схеме рис.1,а к моменту контакта с балкой представлена на рис. 8.

Кинетическая энергия ударника переходит в потенциальную энергию деформирования балки. Некоторая часть энергии при этом уходит на акустическое излучение, нагрев и вдавливание сферического индентора в поверхность балки.



Рис. 7. Вид главного экрана программного комплекса видео редактора

Сопоставление расчетных и экспериментальных данных на рис.8. показывает их хорошее совпадение.

Рассмотрим схему нагружения массивного образца (рис. 2,а). Для нагружения использовались инденторы с радиусами $R=4.55, 9.25$ и 19.05 мм. (рис. 9) Глубина залегания отслоения соответствует половине радиуса пятна контакта.

Пятно контакта имеет слабую эллиптичность обусловленную анизотропией исследуемого композита.

Зависимости радиуса пятна контакта (полуосей отслоения) в зависимости от энергии ударника

представлена на рис.11 для радиуса индентора $R=4,55$ мм, рис.12 для радиуса индентора $R=9,25$ мм, рис.13 для радиуса индентора $R=19.05$ мм,

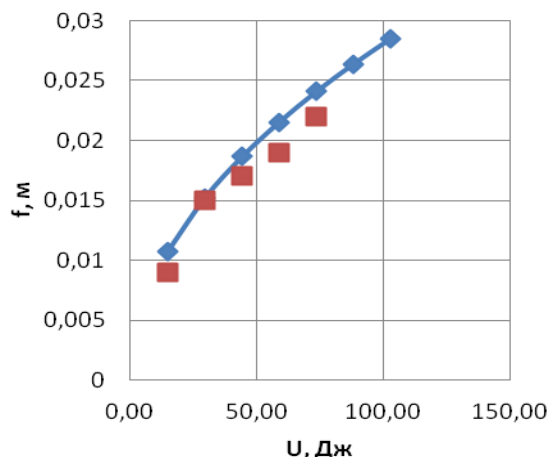


Рис. 8 Максимальное значение прогиба. Сопоставление расчетных и экспериментальных данных

При ударе по податливой мишени практически вся энергия переходит в работу по прогибу балки (рис.1.). Фиксируя прогиб балки средствами скоростной видеосъемки, есть возможность получить значение силы вдавливания в точке максимального прогиба. Это позволяет прогнозировать повреждение в зоне контакта



Рис. 9. Стальные инденторы используемые при ударном нагружении

При ударе по массивному телу (рис. 2) вся энергия переходит в работу ударника по вдавливанию в твердое тело из композита. анизотропия материала приводит к слабой эллиптичности отслоения

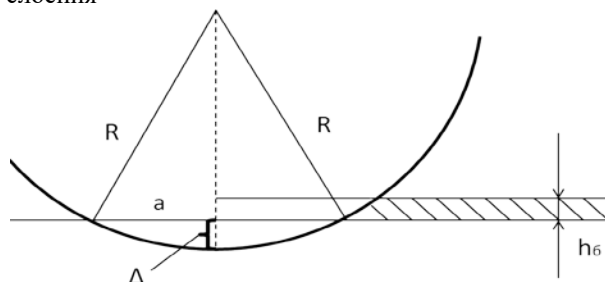


Рис. 10. Геометрия нагружения массивного образца.

Возможность скоростной видеосъемки позволяет зафиксировать даже такие малые перемещения по внедрению индентора в мишень. И соответ-

ственно получить информацию по накоплению повреждений в материале.

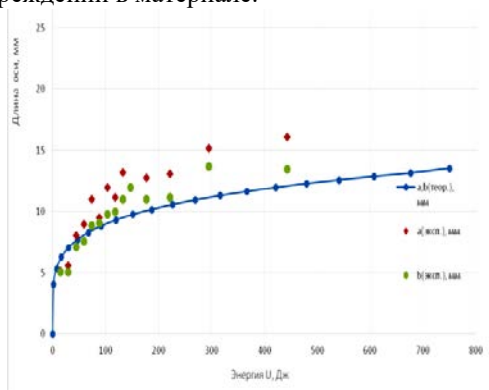


Рис. 11. Зависимость полуосей отслоения от энергии ударника при $R=4.55$ мм.

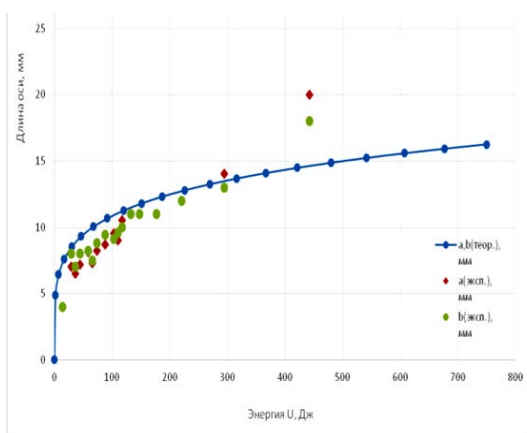


Рис. 12. Зависимость полуосей отслоения от энергии ударника при $R=9.25$ мм.

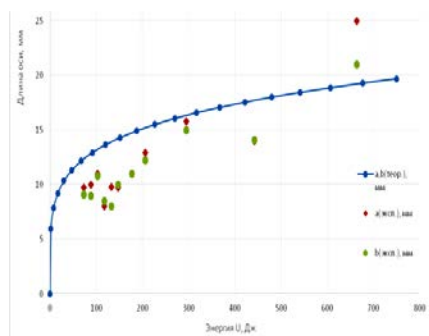


Рис. 13. Зависимость полуосей отслоения от энергии ударника при $R=19.05$ мм.

На рис. 14 показаны отслоения, возникающие в процессе ударного нагружения по схеме рис. 2. Для более точных расчетов необходимо учитывать влияние нелинейности внедрения индентора в объем мишени.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современное развитие видеотехники позволяет широко использовать в учебном процессе Action камеры, обладающие высокой разрешающей способностью и скоростью видеосъемки, а главное, относительно невысокой стоимостью.

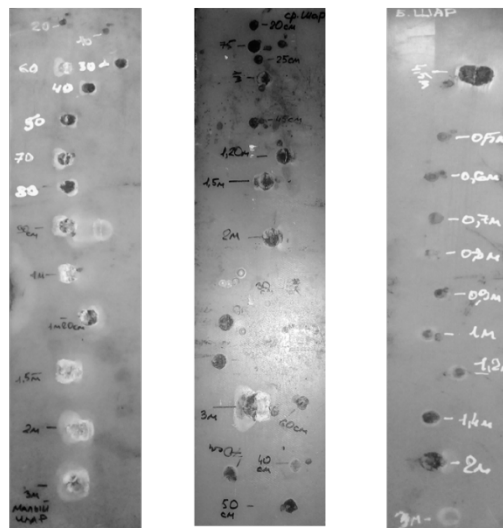


Рис.14. Отслоения при ударе инденторами с разным радиусом

Вышеприведенное исследование показывает, что применение Скоростных видеокамер в качестве фиксатора видеоинформации возможно после сопоставления масштаба исследуемого объекта, скорости протекающего процесса и изменения конфигурации системы за межкадровый промежуток времени.

Принципы фиксации скоростных процессов, рассмотренные выше, используются в лекционных курсах магистерской подготовки студентов специальности динамика и прочность машин, а также при выполнении выпускных бакалаврских работ и магистерских диссертаций.

СПИСОК ОБОЗНАЧЕНИЙ

- V — скорость движущегося объекта, м/с;
- U — энергия ударника, Дж;
- H — высота, м;
- m — масса, кг;
- Δ — смещение, м.
- R — радиус индентора, мм
- A — радиус отслоения, м
- Δ - внедрение индентера в композит, мм

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Bolotin Vladimir V.** Stability problems in fracture mechanics. - John Wiley & Sons, Inc. - 1996.-187 с.
2. **Динамика удара:** Пер. с англ./Зукас Дж.А., Николас Т., Свифт Х.Ф. и др.-М.: Мир, 1985.
3. **Касьянов К. Г., Щугорев В.Н., Подмазов Д.А, Никишин В.И.** Исследование напряженно деформированного состояния в слоистой плите при низкоскоростном ударном нагружении.. // Материалы XXIV международного симпозиума “Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред” им. А.Г. Горшкова.-МАИ.-2018.- С.228-229.
4. **GoPro 8 Black.** Руководство пользователя. Nevk Advance. 2019г., 164 с.



Секция 5

**ДИСТАНЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
И ЭЛЕКТРОННЫЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ
В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ**

А.Ю. Горячкина, О.М. Корягина, И.А. Горюнова, Т.Р. Хуснетдинов

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(Национальный исследовательский университет (МГТУ им. Н.Э. Баумана), Москва)

ОНЛАЙН-КУРС «ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА» НА НАЦИОНАЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЕ ОТКРЫТОГО ОБРАЗОВАНИЯ

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются проблемы онлайн-обучения студентов графическим дисциплинам. Дано описание онлайн-курса «Инженерная графика», представленного МГТУ им. Н.Э. Баумана на Национальной платформе открытого образования. Рассмотрены цели, структура, содержание, трудоемкость, формат курса. Представлена система оценки результатов обучения по курсу.

Ключевые слова – информационно-коммуникационные технологии, инженерная графика, профессиональные компетенции, графические дисциплины, тестирование, онлайн-курс, открытое образование

1. ВВЕДЕНИЕ

Стремительное развитие новых информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) кардинально изменяет систему образования во всем мире. Именно, новые образовательные подходы и использование ИКТ должны помочь решить стоящую перед системой образования задачу повышения эффективности обучения, делая его более гибким и ориентированным на обучающегося [1, 2].

Дисциплина «Инженерная графика» относится к базовой части основных образовательных программ высшего образования по подготовке бакалавров и специалистов.

Выпускники технических вузов должны уметь с помощью графических изображений выразить свои теоретические замыслы и конструкторские идеи для их последующего практического воплощения. Составление чертежей способом ортогонального проецирования в соответствии с требованиями стандартов способствуют приобретению профессионального инженерного мышления и профессиональных компетенций.

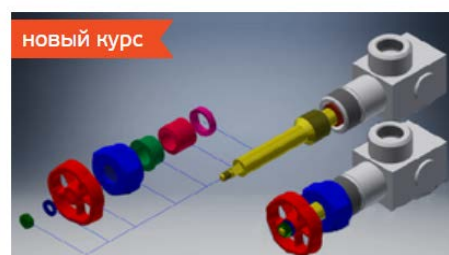
Самостоятельная подготовка студентов по графическим дисциплинам является эффективным направлением в учебном процессе, так как стимулирует студентов к инициативе и творчеству, вырабатывает навыки принятия решений. Информационные компьютерные технологии – важнейшая часть в организации самостоятельной работы студентов при изучении графических дисциплин [3].

2. ОНЛАЙН-КУРС «ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА»

На кафедре «Инженерная графика» МГТУ им. Н.Э. Баумана на протяжении последних лет успешно используется смешанное обучение. Обобщив опыт использования средств мультимедиа в геомет-

ро-графической подготовке студентов, изучив открытые онлайн-курсы по графическим дисциплинам (онлайн-курс «Начертательная геометрия и инженерная графика» УрФУ им. Б.Н. Ельцина на национальной платформе открытого образования (НПОО)), в сентябре 2019 г. МГТУ им. Н.Э. Баумана представил на НПОО свой онлайн-курс «Инженерная графика» (рис.1).

Национальная платформа открытого образования (НПОО) это современная образовательная платформа, предлагающая российским университетам использовать или размещать онлайн-курсы для реализации основных образовательных программ.



23 сентября 2019 - 19 января 2020 г.
[Курс уже начался](#)

Инженерная графика

Рис. 1. Скриншот заставки онлайн-курса «Инженерная графика» на НПОО

Основу образовательного процесса в онлайн-образовании составляет целенаправленная, контролируемая, интенсивная самостоятельная работа обучающегося, который может учиться в удобном для себя месте, по индивидуальному графику, имея при себе комплект специальных средств обучения и согласованную возможность контакта с преподавателем.

Целью онлайн-курса «Инженерная графика» является обучение составлению и чтению изображений деталей и сборочных единиц с использованием правил:

- ортогонального проецирования фигур трехмерного пространства на плоскость;
- стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и других стандартов по выполнению и оформлению чертежей.

Для достижения поставленной цели в курсе последовательно изучаются следующие темы:

- выполнение и чтение изображений геометрических тел разной сложности;

- выполнение и чтение изображений деталей;
- выполнение и чтение изображений соединений и их элементов;
- выполнение и чтение изображений сборочных единиц;
- создание электронных моделей деталей и сборочных единиц;
- выполнение электронных чертежей деталей и сборочных единиц.

Курс рассчитан на 16 недель. Трудоемкость курса составляет 4 зачетные единицы.

Для успешного освоения курса необходимы базовые знания по элементарной геометрии и начертательной геометрии.

Онлайн-курс «Инженерная графика» имеет следующую структуру:

- содержательная часть учебной дисциплины (электронные учебники, видео-лекции);
- практическая часть учебной дисциплины (домашние задания (ДЗ));
- самоконтроль и контроль полученных знаний (рубежный контроль (РК), итоговый контроль);
- обратная связь.

Рассмотрим составляющие курса.

При разработке онлайн-курса была поставлена задача максимально ориентироваться на формирование заинтересованности у студента, создание структуры и содержания курса, способствующих освоению общекультурных и профессиональных компетенций основной образовательной программы [4].

Программа курса включает в себя следующие разделы:

Раздел 1. Техническое регулирование. Стандартизация. Единая система конструкторской документации

Раздел 2. Общие правила выполнения чертежей

Раздел 3. Построение изображений геометрических тел способом ортогонального проецирования

Раздел 4. Виды изделий и конструкторских документов

Раздел 5. Чертежи деталей

Раздел 6. Соединения

Раздел 7. Сборочный чертеж. Спецификация

Раздел 8. Трехмерное моделирование деталей и сборочных единиц и выполнение электронных чертежей.

Содержательная (теоретическая) часть онлайн-курса включает в себя электронные учебники, видео-лекции, видео-семинары, созданные на основе систематизации и схематизации учебного материала.

С появлением компьютерного трехмерного моделирования стало возможным создание объемных изображений различных поверхностей, предметов и конструкций. Современные программы помогают достичь высокой детализации. При этом значительно увеличивается наглядность проектируемой модели. Повышение теоретического содержания знаний, использование метода графического моделирования и структурного анализа в изучении явлений

объективной действительности приводит к тому, что в процессе деятельности приходится постоянно оперировать пространственными образами, перекодировать их, что создает принципиально новые требования к развитию пространственного мышления [5].

Это позволило при построении курса использовать средства мультимедиа и 3D визуализации основных понятий и инженерных примеров применения теоретических положений дисциплины [6].

Используемые электронные презентации представляют собой сочетание текста, графики, компьютерной анимации, видео, которые организованы в единую среду (рис. 2).



Рис. 2. Скриншот слайда презентации

Уникальность видео-лекций и презентаций по данному курсу заключается в том, что изменения, происходящие в трехмерном пространстве, сопровождаются одновременными соответствующими построениями на плоскости (чертеже) (рис. 3). Студенты могут выполнять построения в реальном масштабе времени, используя презентации в режиме демонстрации или отснятые на их основе видеоролики с текстовыми комментариями преподавателя.

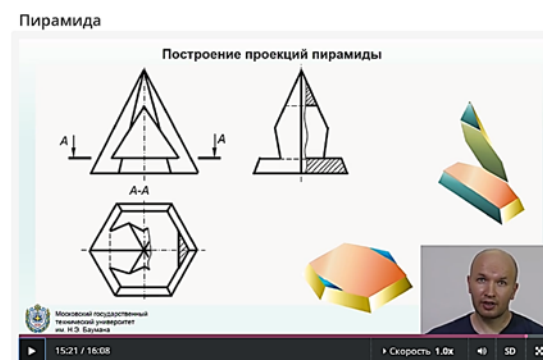


Рис. 3. Скриншот экрана видео-лекции

Разработка инженерных примеров, реализованных в 3D графике и анимации, помогает студентам быстро и осознанно усваивать материал [7].

В онлайн-образовании важно сочетание ресурсов, позволяющих, с одной стороны, формировать теоретические знания и умения, с другой – практические навыки.

Практическая часть курса предусматривает выполнение графических работ по каждому разделу. Варианты ДЗ для каждого обучающегося генерируются из базы случайным образом. Требования и

образец оформления задания по каждому разделу курса представлены на сайте.

Студент отправляет выполненное ДЗ на проверку в виде файла. Электронный образовательный ресурс «Инженерная графика» предполагает обратную связь, поддержку преподавателя. Оценивание результатов графических заданий проходит в офлайн-режиме в соответствии с принятой методикой. Каждый участник имеет возможность задать вопрос преподавателям в разделе «Обсуждения» на НПОО и получить замечания конкретно по своей работе.

Самой ответственной частью в структуре онлайн-курса по графическим дисциплинам, является самоконтроль и контроль знаний. Рассматривая возможность использования онлайн-курса «Инженерная графика» в рамках реализации основных образовательных программ бакалавриата и специалитета, необходимо было не только представить в содержании дисциплины те разделы, которые будут способствовать формированию заявленных компетенций, но и проконтролировать достижение компетенций обучающимися [8].

Самоконтроль – ответы на вопросы и решение практических задач по теме каждой видео-лекции. РК – инструмент учебного процесса, позволяющий контролировать степень освоения студентом раздела дисциплины. По каждому разделу курса проходит промежуточное контрольное тестирование с автоматизированной проверкой результатов. Оценивание результатов рубежного контроля проходит в онлайн-режиме в соответствии с принятой на курсе методикой.

При разработке тестов необходимо было учитывать, что инженерная графика, являясь графической дисциплиной, требует умения читать и выполнять чертежи деталей и сборочных единиц как вручную с использованием чертежного инструмента, так и с использованием программных систем компьютерного проектирования. И, если на аудиторных занятиях реально существует возможность оценить знания и способности студентов при личном общении, то на платформе открытого образования необходимо было учесть отсутствие такого вида контроля. Поэтому, используя большое количество точных иллюстраций и чертежей в тестах, разра-

ботчики пытались более точно оценить знания обучающихся. Для каждого участника программы тест формируется индивидуально. Из базы, содержащей более 1000 вопросов, случайно выпадают 50 вопросов по теме соответствующего раздела курса [9,10].

На рис. 4 и рис. 5 приведены примеры вопросов тестов по темам «Построение изображений» и «Резьба». Из четырех предложенных вариантов необходимо выбрать правильный ответ.

По чертежу определить модель

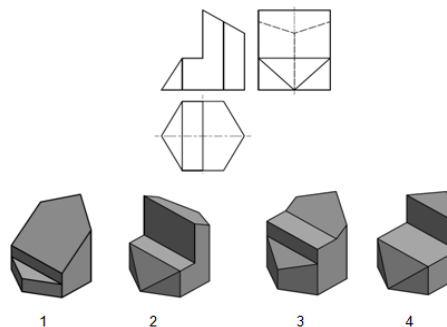


Рис. 4. Вариант вопроса теста по теме «Построение изображений»

Выбрать правильный вариант нанесения размера для обозначения трубной цилиндрической резьбы

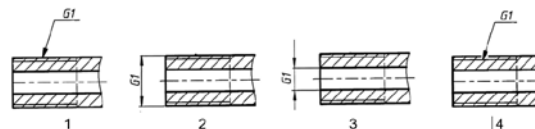


Рис. 5 Вариант вопроса теста по теме «Резьба»

Наименование контрольных мероприятий, сроки проведения и шкала оценивания по курсу в баллах приведены в табл. 1.

Итоговый контроль студенты проходят под прокторингом. Он включает в себя создание электронных моделей деталей, входящих в состав сборочной единицы; электронной модели сборочной единицы; сборочного чертежа и спецификации с использованием системы автоматизированного проектирования *Autodesk Inventor*. На рис. 6 представлен скриншот слайда презентации с образцом выполненного итогового задания.

Таблица 1. Шкала оценивания по онлайн-курсу «Инженерная графика»

№ недели	Баллы по итогам промежуточного контроля				Экзамен	
	Рубежный контроль		Домашнее задание		%	баллы
	%	баллы	%	баллы		
1			10	4		
2	10	3				
3			25	10		
4	10	3				
5			25	10		
6	40	12				
8			20	8		
9	20	6				
10			20	8		
12	20	6				
16					100	30
	100	30	100	40	100	30



Рис. 6 Скриншот слайда презентации с образцом выполнения итогового задания

Разработчики курсы планируют, что после изучения материалов и выполнения всех контрольных мероприятий онлайн-курса «Инженерная графика» обучающийся должен:

Знать правила прямоугольного проецирования предметов трехмерного пространства на плоскость; правила стандартов ЕСКД и других стандартов по выполнению чертежей деталей и сборочных единиц.

Уметь анализировать формообразование деталей; изображать детали и сборочные единицы на плоскости в ортогональных проекциях.

Владеть навыками составления и чтения чертежей, в том числе и с использованием графических систем автоматизированного проектирования.

Важной частью в структуре онлайн-курса «Инженерная графика» является обратная связь или «Обсуждение» – среда общения участников образовательного процесса; именно здесь происходит общение разработчиков курса с потребителями их образовательного продукта [11]. Приобретаемый опыт сопровождения онлайн-курса показывает, что роль преподавателя при проведении онлайн-курса не может ограничиваться только вопросами наполнения курса и проверки домашних заданий, но должна способствовать взаимодействию студентов, вовлечению их в учебный процесс. Перед преподавателем – разработчиком курса стоит задача освоить компетенции модератора форума онлайн-курса с целью организации обсуждений на форуме, ответов на вопросы, ведения дискуссий и т.д. А перед вузами встает задача внедрения новых форм учебной деятельности преподавателя (нагрузки по 1-ой половине дня) в учебный процесс [12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный в МГТУ им. Н. Э. Баумана онлайн-курс «Инженерная графика» стартовал на платформе открытого образования с 23 сентября 2019 года, закончится 20 января 2020 года. Результаты промежуточных тестов показали, что 80-90% участвовавших в тестировании успешно справились с заданием. Присылаемые на сайт графические работы подтвердили опасения разработчиков курса, что без дополнительных консультаций с преподавателем и исправления ошибок в чертежах, большинство из этих работ будет оценено мини-

мальным количеством баллов.

Эффективность онлайн-образования по дисциплине «Инженерная графика» может быть оценена, когда будут получены сравнительные данные результатов онлайн и офлайн обучения. Только собрав статистическую информацию можно делать выводы, каким образом строить цифровое обучение по графическим дисциплинам, обеспечивающее соответствие требованиям ФГОС ВО.

Однозначно, что в результате самостоятельной деятельности с применением мультимедийных технологий при выполнении конкретных задач у учащихся формируются общекультурные и профессиональные компетенции, реализуются творческие возможности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Нужнов Е.В.** Повышение эффективности компьютерного обучения на основе WEB и других сервисов INTERNET. Известия ТРТУ. 2000. № 1 (15). С. 57.
2. **Куликов В.П.** Использование новых информационных технологий для повышения эффективности обучения графическим дисциплинам в ВУЗЕ. Проектирование и технология электронных средств. 2006. № 3. С. 69-72.
3. **Москалева Т.С., Севостьянова О.М.** Пути повышения эффективности обучения студентов графическим дисциплинам в компьютеризированной среде. Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Психолого-педагогические науки. 2007. № 1 (7). С. 75-79.
4. **Пиневиц Е.В.** Дистанционное обучение: проблемы и решения / Е.В. Пиневиц // Международный научный журнал. — 2017. — № 6. — С. 106-110.
5. **Медведева А.Б.** Трехмерное моделирование как одна из составляющих развития пространственного мышления В сборнике: Педагог в условиях цифрового образования. Материалы научно-методической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева. 2019. с. 58-60.
6. **Горячкина А.Ю., Горюнова И.А., Корягина О.М.** Применение мультимедийных технологий в курсе начертательной геометрии. Cloud of Science. 2019. Т. 6. № 1. С. 63-70.
7. **Горячкин Б.С., Горячкина А.Ю.** Эргономические аспекты подготовки презентации // Динамика сложных систем – XXI век, 2018. №1. С. 87-93.
8. **Логвинова Н.А.** Самоконтроль как средство повышения эффективности обучения. Успехи современного естествознания. 2008. № 4. С. 56.
9. **Горячкина А.Ю., Корягина О.М., Хуснетдинов Т.Р.** Методические аспекты разработки оценочных средств для онлайн-курсов по графическим дисциплинам. Главный механик. 2019. №3. С. 46-50.
10. **Токмакова О. В.** Проблемы организации онлайн-тестирования в дистанционном образовании. Учебное пособие /; Федеральное агентство по образованию, Вятский гос. гуманитарный ун-т. Киров, 2010.
11. **Сердюков П.И.** Роль общения в повышении эффективности онлайн-обучения. Образовательные технологии и общество. 2010. Т. 13. № 1. С. 356-369.
12. **Бронников И.А.** Организация высшего образования в условиях роста онлайн-образования. NovaInfo.Ru. 2017. Т. 5. № 58. С. 432-438.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОГРАММАХ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ПРОИЗВОДСТВ

АННОТАЦИЯ

В статье представлены краткие сведения об учебном процессе в Научно-образовательном Центре «Экология энергетики» НИУ «МЭИ» (НОЦ «Экология энергетики»), в котором сотрудники энергокомпаний проходят профессиональную переподготовку по программе «Тепловые электрические станции». Рассмотрены некоторые элементы современных информационных технологий и моделей, которые реализуются в ходе лабораторных работ в компьютерных классах по дисциплинам «Тепловые электрические станции», «Технология воды и топлива», «Природоохранные технологии на ТЭС».

Ключевые слова – информационные технологии, тепловые электрические станции, тепловая схема, моделирование, дополнительное профессиональное образование

1. ВВЕДЕНИЕ

Более 20 лет в Научно-образовательном центре «Экология энергетики» НИУ МЭИ (НОЦ «Экология энергетики») разрабатываются и реализуются программы дополнительного профессионального образования для специалистов энергетических предприятий и производств по различным направлениям в сфере энергетики. Обучение проводится по краткосрочным и долгосрочным программам повышения квалификации для слушателей, имеющих профильное энергетическое образование, а также по программам профессиональной переподготовки по направлениям «Теплоэнергетика и теплотехника» и «Электроэнергетика и электротехника» для слушателей, не имеющих профильного энергетического образования, но работающих в энергетическом секторе. Одной из наиболее востребованных программ является программа профессиональной переподготовки «Тепловые электрические станции», рассчитанная на 1034 академических часа, при успешном завершении которой слушатели получают Диплом, дающий право ведения профессиональной деятельности по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника».

В процессе обучения по программам повышения квалификации и профессиональной переподготовки в Центре постоянно используются элементы информационно-коммуникационных технологий, что делает учебный процесс эффективным и прогрессивным, а также существенно упрощает коммуникацию между преподавателями и слушателями. В соответствии с учебными программами профессиональной переподготовки проводится боль-

шое количество практических занятий в компьютерных классах ИВЦ НИУ «МЭИ», а также проводятся лабораторные занятия в лабораториях и на ТЭС МЭИ. В начале занятий на ИВЦ при включении компьютеров формируются «виртуальные машины» с необходимым профильным программным обеспечением. Для моделирования теплоэнергетических и электроэнергетических процессов в компьютерной сети используется специализированное программное обеспечение. Например, для моделирования теплоэнергетических процессов и выполнения расчетов используется разработанный в НИУ МЭИ программный комплекс термодинамических параметров рабочих сред технологических процессов тепловых электростанций Water-SteamPro [1]. Моделирование теплоэнергетических процессов выполняется в Mathcad и Microsoft Excel. Инструменты Mathcad позволяют строить прозрачные учебные алгоритмы с поиском проектных решений с максимальной энергетической эффективностью.

Освоение образовательной программы формирует знания, умения и убеждения в способности обеспечивать инженерное сопровождение эксплуатации сложного технологического оборудования в режимах с максимальной энергетической эффективностью.

2. НЕКОТОРЫЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ В РЕГЕНЕРАТИВНОМ ПОДОГРЕВАТЕЛЕ ВЫСКОГО ДАВЛЕНИЯ В УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ»

Для выполнения учебных типовых расчетов разработаны методические пособия по моделированию тепловой схемы энергоблока ТЭС и теплообменных аппаратов, ориентированные на инженеров ТЭС, не имеющих профильного образования. Конкретные исходные данные для компьютерного моделирования слушатели выбирают исходя из состава оборудования ТЭС по месту их работы.

На большинстве действующих ТЭС применяются ПВД, в которых поверхность теплообмена образована двухплоскостными спиралями. На вновь строящихся энергоблоках ТЭС применяются ПВД с одноплоскостными спиралями. Такие ПВД имеют меньшую высоту и, поэтому, требуется строительство здания машзала меньшей высоты. Меньше стоимость строительства.

В ранее изданных методических материалах не учитываются особенности нового оборудования. На рис. 1 показана навивка одноплоскостной спирали. При использовании формулы для конденсации насыщенного пара [2] следует применить эффективную удельную теплоту конденсации пара с коррекцией на перегрев пара (разность энтальпий пара поступающего из пароохладителя ПВД и энтальпии пленки конденсата на поверхности труб) [3].

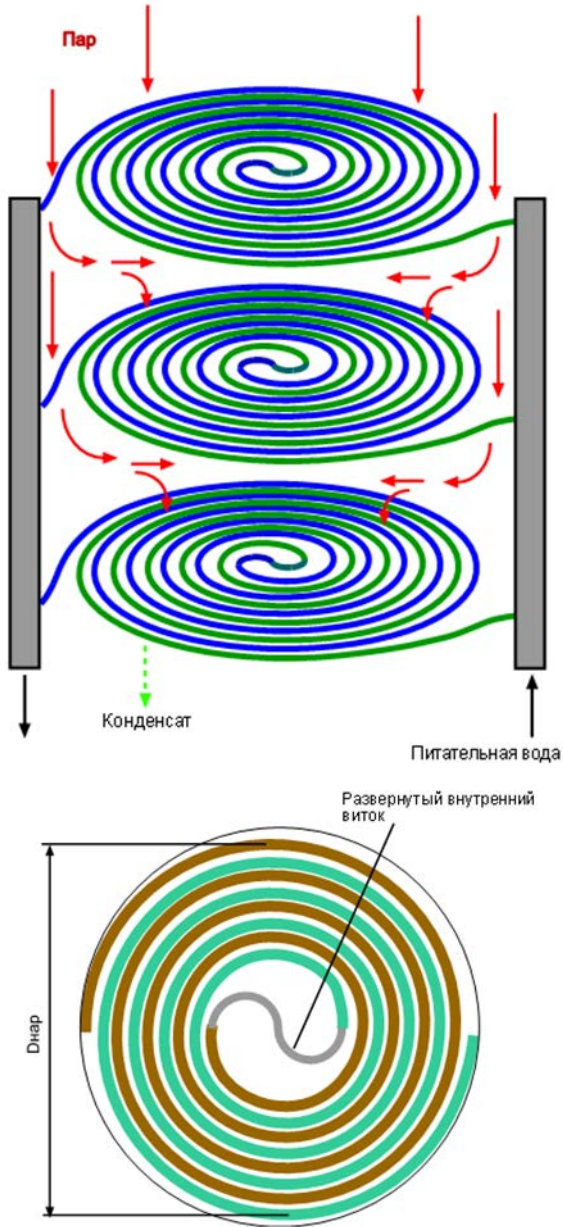


Рис.1. Образец навивки одноплоскостной спирали поверхности теплообмена ПВД для расчета длины спиральной трубы

Необходимая длина спиральной трубы рассчитывается по следующему алгоритму.

Шаг между осями труб $S_{ш} = 0,036$ м

Диаметр витка, м

Диаметр витка, м

Длина одного витка, м

$$D_8 = 0,84$$

$$D_7 = 0,84 - 2 \cdot S_{ш} = 0.768$$

$$D_6 = 0,84 - 4 \cdot S_{ш} = 0.696$$

$$D_5 = 0,84 - 6 \cdot S_{ш} = 0.624$$

$$D_4 = 0,84 - 8 \cdot S_{ш} = 0.552$$

$$D_3 = 0,84 - 8 \cdot S_{ш} = 0.552$$

$$D_2 = 0,84 - 8 \cdot S_{ш} = 0.552$$

$$D_1 = 0,84 - 10 \cdot S_{ш} = 0.48$$

$$D_{внутр} = D_1 - 2 \cdot S_{ш} = 0.408$$

$$\pi \cdot D_{внутр} / 2 = 0.641$$

$$L_8 = \pi \cdot D_8 = 2.639$$

$$L_7 = \pi \cdot D_7 = 2.413$$

$$L_6 = \pi \cdot D_6 = 2.187$$

$$L_5 = \pi \cdot D_5 = 1.96$$

$$L_4 = \pi \cdot D_4 = 1.734$$

$$L_3 = \pi \cdot D_3 = 1.734$$

$$L_2 = \pi \cdot D_2 = 1.734$$

$$L_1 = \pi \cdot D_1 = 1.508$$

$$L_{вн} =$$

Полная длина спиральной трубы из 9 витков $LL = L_8 + L_7 + L_6 + L_5 + L_4 + L_3 + L_2 + L_1 + L_{вн} = 16.55$

В результате теплотехнического расчета и сборочно-монтажных работ эта длина незначительно корректируется.

Приведенное количество спиральных плоскостей труб в одной секции между двух перегородок рассчитывается, чтобы учесть много рядность труб [2]:

$$n_{прив_гр} = \frac{n_{пл} \cdot n_{сп_перегор}}{1.5} = 8$$

где $n_{пл}$ – количество плоскостей в спирали, $n_{сп_перегор}$ – количество спиралей между смежными перегородками.

Расчет коэффициента теплоотдачи от греющей среды к стенке α_1 , выполняется по формуле (при поперечном обтекании медленно движущимся паром с $Re < 20$):

$$\alpha_{11} = C_{попр} \cdot A_1 \cdot \Delta t_{1,iter}^{-0.25} \cdot \varepsilon_t \cdot \varepsilon_r,$$

где $C_{попр} = 0,728$ поправка на горизонтальное расположение труб; $\varepsilon_r = 0,8$ - поправка, учитывающая шероховатость и загрязнение труб из углеродистой стали; Δt_{iter} – итеративная величина температурного напора пленка – стенка.

Поправка, учитывающая изменение свойств конденсата от температуры по толщине стенки:

$$\varepsilon_t = \sqrt[8]{\left(\frac{\lambda_{ст}}{\lambda_s}\right)^3 \cdot \frac{\mu_{ст}}{\mu_s}} = 1.011$$

где λ_s и $\lambda_{ст}$ – теплопроводность пленки конденсата при температуре конденсата и температуре стенки (для поправки); μ_s и $\mu_{ст}$ соответствующие динамические вязкости.

Расчетный комплекс:

$$A_1 = \sqrt[4]{\frac{\lambda_{пл}^3 \cdot r_{пер} \cdot 10^3 \cdot (\rho_{пл} - \rho_{пар}) \cdot g_{уск}}{v_{пл} \cdot d_{нар}}} = 27649.2$$

где $\lambda_{пл}$ и $v_{пл}$ – теплопроводность и кинематическая вязкость пленки конденсата на трубах; $r_{пер}$ – эффективная удельная теплота конденсации пара с коррекцией на его перегрев; $\rho_{пл}$ и $\rho_{пар}$ – плотности пленки и пара; $d_{нар}$ – наружный диаметр трубы; $g = 9.81$ м/с².

Средний по пучку коэффициент теплоотдачи от пленки конденсата к стенке труб, Вт/(м²·К):

$$\alpha_1 = \alpha_{11} \cdot n_{прив_гр}^{-0.25} = 5926.775$$

Полный текст моделирования и расчета зоны конденсации ПВД приведен в методическом посо-

бии [4]. Взаимодействие преподавателя со студентом реализуется или в системе дистанционного образования МЭИ “Прометей” или по электронной почте.

3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ ЭНЕРГОБЛОКА В MATHCAD В ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ПОСТАНОВКЕ ЗАДАЧИ

Располагая инструментами моделирования Mathcad можно более эффективно проектировать принципиальную тепловую схему энергоблока ТЭС, определять эффективность новых предложений по модернизации тепловой схемы. Для примера рассмотрим простейший учебный вариант принципиальной схемы энергоблока состоящего из прямоточного котла, одноцилиндровой паровой турбины с конденсатором, насосом и одним регенеративным подогревателем (рис.2). В комплексе задач моделирования необходимо научиться формировать уравнения (функционалы) в оптимизационной записи.

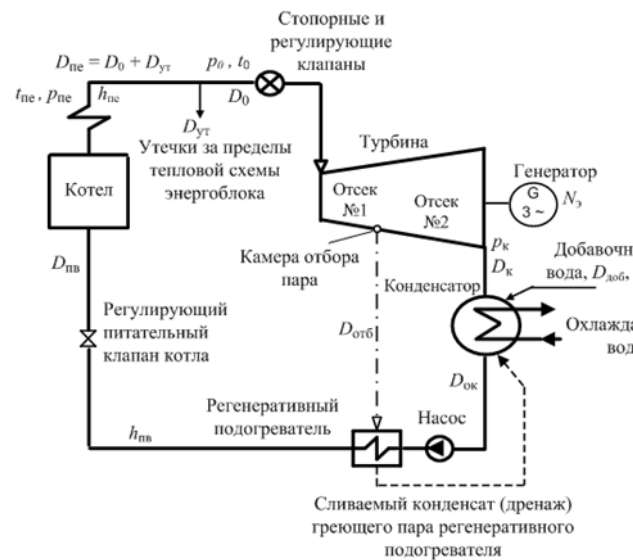


Рис. 2. Принципиальная тепловая схема простейшего энергоблока ТЭС

Расход перегретого пара из котла $D_{не} = 138.89$ кг/с. КПД брутто котла: $\eta_k = 0.93$.

Суммарные утечки рабочей среды отнесены к главному паропроводу и составляют:

$$D_{ут} = 0.01 \cdot D_{не} = 1.389 \text{ кг/с}$$

Давление и температура свежего пара перед турбиной: $P_0 = 10$ МПа; $t_0 = 570$ °С.

Давление в конденсаторе: $P_k = 0.007$ МПа.

Из турбины выполнен один регенеративный отбор пара. Относительные внутренние КПД первого и второго отсеков: $\eta_1 = 0.85$; $\eta_2 = 0.81$.

Относительное снижение давления пара в клапанах турбины и в линии отбора:

$$\delta P_{кл} = 5\%; \delta P_{лин} = 3\%$$

Механический КПД турбины: $\eta_m = 0.985$

КПД генератора: $\eta_g = 0.987$

Гидравлическое сопротивление регенеративного подогревателя: $\Delta P_{п} = 0.05$ МПа и регулирующего питательного клапана котла: $\Delta P_{рпк} = 0.6$ МПа.

Недогрев регенеративного подогревателя:

$$\theta_{п} = 4 \text{ °С}$$

Температура добавочной воды: $t_{доб} = 30$ °С.

Толщина слоя теплоизоляции главного паропровода от котла до турбины должна быть такой, чтобы снижение температуры пара в нем не превышало 5 °С. Поэтому температура перегретого пара на выходе из котла:

$$t_{не} = t_0 + 5 = 575 \text{ °С}$$

Потерю давления перегретого пара в главном паропроводе (с арматурой) рекомендуется оценивать 6—7,5 %. Поэтому давление перегретого пара на выходе из котла:

$$P_{не} = 1.06 \cdot P_0 = 10.6 \text{ МПа}$$

Исходя из заданного расхода перегретого пара из котла и утечек, расход свежего пара на турбину:

$$D_0 = D_{не} - D_{ут} = 137.501 \text{ кг/с}$$

Для прямоточного котла: $D_{не} = D_{пв}$; $D_{пв} = 138.89$ кг/с.

Расход добавочной воды в конденсатор для восполнения утечек:

$$D_{доб} = D_{ут} = 1.389 \text{ кг/с}$$

Энтальпия и энтропия свежего пара (перед стопорными клапанами турбины):

$$h_0 = \text{wspHTP}(P_0 \cdot 10^6, t_0 + 273.15) \cdot 10^{-3} = 3551.75 \text{ кДж/кг}$$

$$s_0 = \text{wspSPT}(P_0 \cdot 10^6, t_0 + 273.15) \cdot 10^{-3} = 6.818 \text{ кДж/кг}$$

Давление и энтропия пара перед первой ступенью турбины:

$$P_{вх_1ст} = (1 - 0.01 \cdot \delta P_{кл}) \cdot P_0 = 9.5 \text{ МПа}$$

$$s_{вх_1ст} = \text{wspSPH}(P_{вх_1ст} \cdot 10^6, h_0 \cdot 10^3) \cdot 10^3 = 6.841 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$$

Оцениваем гидравлическое сопротивление тракта от стопорных клапанов турбины до питательного насоса в 25 % (с учетом гидростатического напора котла). Тогда давление на выходе из насоса: $P_{пн} = 1.25 \cdot P_0 = 12.50$ МПа

Давление на выходе из регенеративного подогревателя: $P_{вых_п} = P_{пн} - \Delta P_{п} = 12.45$ МПа

Давление питательной воды после РПК:

$$P_{вых_рпк} = P_{вых_п} - \Delta P_{рпк} = 11.85 \text{ МПа}$$

Температура и энтальпия турбинного конденсата на выходе из конденсатора:

$$t_{ок} = \text{wspTSP}(P_k \cdot 10^6) - 273.15 = 39.001 \text{ °С}$$

$$h_{ок} = \text{wspHSWT}(t_{ок} + 273.15) \cdot 10^{-3} = 163.366 \text{ кДж/кг}$$

Для оценки среднего удельного объема питательной воды в насосе принимаем повышение температуры воды в насосе 2 °С и гидравлический напор 0,02 МПа.

$$P_{вх_пн} = P_k + 0.02 = 0.027 \text{ МПа}$$

$$v_{н_ср} = \text{wspVPT} \left((P_{пн} - (P_k + 0.02)) \cdot 10^6, (t_{ок} + 0.5 \cdot 2) + 273.15 \right) = 0.001002 \text{ м}^3/\text{кг}$$

Полный (эффективный) КПД насоса: $\eta_{e_пн} = 0.80$

Повышение энтальпии воды в проточной части насоса:

$$\Delta h_n = \frac{(P_{пн} - P_{вх_пн}) \cdot v_{н_ср} \cdot 1000}{1.02 \cdot \eta_{e_пн}} = 15.323 \text{ кДж/кг}$$

Далее формируем задачу определения давления в камере регенеративного отбора в оптимизационной постановке.

Давление и температура насыщения в корпусе регенеративного подогревателя в функции от давления в камере регенеративного отбора (функционалы):

$$P_{п}(P_{отб}) = (1 - 0.01 \cdot \delta P_{лин}) \cdot P_{отб}$$

$$t_{s_п}(P_{отб}) = wspTSP(P_{п}(P_{отб}) \cdot 10^6) - 273.15$$

Энтальпия сливаемого конденсата греющего пара (дренажа):

$$h_{др}(P_{отб}) = wspHSWT(t_{s_п}(P_{отб}) + 273.15) \cdot 10^{-3}$$

Температура питательной воды в функции от давления в камере отбора:

$$t_{пв}(P_{отб}) = t_{s_п}(P_{отб}) - \theta_{п}$$

Энтальпия пара в камере регенеративного отбора, если бы процесс расширения (работы) пара происходил без энергетических потерь (по изоэнтропе):

$$h_{1_из}(P_{отб}) = wspHPS(P_{отб} \cdot 10^6, s_{вх1ст} \cdot 10^3) \cdot 10^{-3}$$

Энтальпия и энтропия пара в камере регенеративного отбора в функции от давления в камере отбора:

$$h_{отб}(P_{отб}) = h_0 - \eta_1 \cdot (h_0 - h_{1_из}(P_{отб}))$$

$$s_{отб}(P_{отб}) = wspSPH(P_{отб} \cdot 10^6, h_{отб}(P_{отб}) \cdot 10^3) \cdot 10^{-3}$$

Рассматриваем второй отсек турбины. Энтальпия пара в выхлопе турбины в функции от давления в отборе в изоэнтропном и в реальном процессах расширения пара:

$$h_{к_из}(P_{отб}) = wspHPS(P_{к} \cdot 10^6, s_{отб}(P_{отб}) \cdot 10^3) \cdot 10^{-3}$$

$$h_{к}(P_{отб}) = h_{отб}(P_{отб}) - \eta_2 \cdot (h_{отб}(P_{отб}) - h_{к_из}(P_{отб}))$$

$$X_{к}(P_{отб}) = wspXPH(P_{к} \cdot 10^6, 1000 \cdot h_{к}(P_{отб}))$$

Энтальпия питательной воды в функции от давления в камере отбора:

$$h_{пв}(P_{отб}) = wspHPT(P_{выхп} \cdot 10^6, t_{пв}(P_{отб}) + 273.15) \cdot 10^{-3}$$

Уравнение теплового баланса регенеративного подогревателя (потери теплоты рассеиванием в окружающую среду не учитываем):

$$D_{отб}(P_{отб}) \cdot (h_{отб}(P_{отб}) - h_{др}(P_{отб})) = D_{пв}(h_{пв}(P_{отб}) - (h_{ок} + \Delta h_n))$$

Тогда расход греющего пара в регенеративный подогреватель в функции от давления в отбор:

$$D_{отб}(P_{отб}) = \frac{D_{пв} \cdot (h_{пв}(P_{отб}) - (h_{ок} + \Delta h_n))}{h_{отб}(P_{отб}) - h_{др}(P_{отб})}$$

Расход сливаемого конденсата греющего пара:

$$D_{др}(P_{отб}) = D_{отб}(P_{отб})$$

Расход пара через первый и второй отсеки турбины:

$$D_{отс1} = D_0 = 137.5011 \text{ кг/с}$$

$$D_{отс2}(P_{отб}) = D_{отс1} - D_{отб}(P_{отб})$$

Расход потоков рабочей среды, поступающих в конденсатор турбины:

$$D_{вхк}(P_{отб}) = D_{отс2}(P_{отб}) + D_{др}(P_{отб}) + D_{доб}$$

Внутренняя мощность турбины в функции давления в регенеративном отборе:

$$N_{вн}(P_{отб}) = D_{отс1} \cdot (h_0 - h_{отб}(P_{отб})) + D_{отс2}(P_{отб}) \cdot (h_{отб}(P_{отб}) - h_{к}(P_{отб}))$$

Электрическая мощность на зажимах генератора в функции от давления в отборе турбины:

$$N_{э}(P_{отб}) = \eta_{м} \cdot \eta_{г} \cdot N_{вн}(P_{отб})$$

Параметры добавочной воды, подаваемой в конденсатор турбины:

$$P_{доб} = 0.2 \text{ МПа}$$

$$h_{доб} = wspHPT(P_{доб} \cdot 10^6, t_{доб} + 273.15) \cdot 10^{-3} = 125.924 \text{ кДж/кг}$$

Расход теплоты на турбоустановку в функции давления в камере регенеративного отбора:

$$Q_{ту}(P_{отб}) = D_0 \cdot h_0 - D_{пв} \cdot h_{пв}(P_{отб}) - D_{доб} \cdot (h_{пв}(P_{отб}) - h_{доб})$$

Удельный расход теплоты (брутто) турбоустановки в функции давления в отборе:

$$q_{ту}(P_{отб}) = 3600 \frac{Q_{ту}(P_{отб})}{N_{э}(P_{отб})}$$

Энтальпия перегретого пара на выходе из котла:

$$h_{пе} = wspHPT(P_{пе} \cdot 10^6, t_{пе} + 273.15) \cdot 10^{-3} = 3558.66 \text{ кДж/кг}$$

Тепловая нагрузка котла в функции от давления пара в регенеративном отборе турбины:

$$Q_{пк}(P_{отб}) = D_{пе} \cdot (h_{пе} - h_{пв}(P_{отб}))$$

Необходимое тепловыделение в котле при сгорании топлива и расход топлива в функции от давления в регенеративном отборе турбины при удельной теплоте сгорания топлива:

$$Q_i^r = 29308 \text{ кДж/кг}$$

$$Q_{топл}(P_{отб}) = \frac{Q_{пк}(P_{отб})}{\eta_{к}}$$

$$B_{т}(P_{отб}) = \frac{Q_{топл}(P_{отб})}{Q_i^r}$$

КПД и удельный расход топлива (брутто) энергоблока в функции от давления в регенеративном отборе турбины:

$$\eta_{бл}(P_{отб}) = \frac{N_{э}(P_{отб})}{B_{т}(P_{отб}) \cdot Q_i^r} \cdot 100$$

$$b_{усл}(P_{отб}) = \frac{3600 \cdot B_{т}(P_{отб})}{N_{э}(P_{отб})}$$

Принимаем КПД электропривода питательного насоса: $\eta_{пр} = 0.89$.

Оцениваем затраты электрической мощности на собственные нужды только потребностями питательного насоса, циркуляционного насоса и тягудетевых машин котла:

$$N_{н} = \frac{D_{пв} \cdot \Delta h_n}{\eta_{пр}} = 2391.21 \text{ кВт}$$

Оцениваем давление циркуляционного насоса, подающего охлаждающую воду в конденсатор: $\Delta P_{цн} = 0.15 \text{ МПа}$ и ее температуру $15 \text{ }^\circ\text{C}$.

Удельный объем охлаждающей воды в циркуляционном насосе:

$$v_{\text{цн_вх}} = wspVPT(0.2 \cdot 10^6, 15 + 273.15) \\ = 0.001001 \text{ м}^3/\text{кг}$$

Оценим кратность охлаждения конденсатора: $m_K = 52$.

Расход охлаждающей воды:

$$G_{\text{охл}}(P_{\text{отб}}) = m_K \cdot D_{\text{отс2}}(P_{\text{отб}})$$

Полный КПД циркуляционного насоса и его электропривода: $\eta_{\text{е_цн}} = 0.78$; $\eta_{\text{эл_прив}} = 0.89$.

Мощность циркуляционного насоса:

$$N_{\text{цн}}(P_{\text{отб}}) = \frac{G_{\text{охл}}(P_{\text{отб}}) \cdot \Delta P_{\text{цн}} \cdot 10^3 \cdot v_{\text{цн_вх}}}{\eta_{\text{эл_прив}} \cdot \eta_{\text{е_цн}}}$$

Оценка удельных затрат мощности на привод тягодутьевых машин (ТДМ) котла:

$$e_{\text{ТДМ}} = 0.00419 \text{ кВт(э)/кВт(т)}$$

Мощность электропривода ТДМ котла:

$$N_{\text{ТДМ}}(P_{\text{отб}}) = e_{\text{ТДМ}} \cdot B_{\text{т}}(P_{\text{отб}}) \cdot Q_i^r, \text{ кВт}$$

Отпускаемая электрическая мощность в функции от давления пара в отборе турбины:

$$N_{\text{отп}}(P_{\text{отб}}) = N_{\text{э}}(P_{\text{отб}}) - N_{\text{н}} - N_{\text{цн}}(P_{\text{отб}}) - N_{\text{ТДМ}}(P_{\text{отб}}), \text{ кВт}$$

КПД нетто энергоблока в функции от давления в регенеративном отборе турбины:

$$\eta_{\text{бл_нетто}}(P_{\text{отб}}) = \frac{N_{\text{отп}}(P_{\text{отб}})}{B_{\text{т}}(P_{\text{отб}}) \cdot Q_i^r} \cdot 100$$

Оцениваем начальное значение давления пара в камере регенеративного отбора для оптимизационного поиска: $P_{\text{отб}} = 3 \text{ МПа}$.

Принимаем границы величины давления в регенеративном отборе, в пределах которых выполняется оптимизационный поиск:

$$P_{\text{отб}} > 0.1 \text{ и } P_{\text{отб}} < 12 \text{ МПа}$$

Оператор оптимизационного поиска в среде Mathcad:

$$P_{\text{отб}} = \text{Minimize}(b_{\text{усл_нетто}}, P_{\text{отб}}) = 0.272 \text{ МПа}$$

Энергетические показатели тепловой схемы энергоблока при оптимальном давлении в камере отбора:

$$\eta_{\text{бл_нетто}}(P_{\text{отб}}) = 32.7 \% \\ b_{\text{усл_нетто}}(P_{\text{отб}}) = 0.3756 \text{ кг}/(\text{кВт} \cdot \text{ч}) \\ N_{\text{э}}(P_{\text{отб}}) = 153279.6 \text{ кВт} \\ t_{\text{пв}}(P_{\text{отб}}) = 125.24 \text{ }^\circ\text{C} \\ q_{\text{ту}}(P_{\text{отб}}) = 9212.98 \text{ кДж}/(\text{кВт} \cdot \text{ч}) \\ N_{\text{отп}}(P_{\text{отб}}) = 147698.03 \text{ кВт}$$

Степень сухости пара на выходе последней ступени турбины: $X_{\text{к}}(P_{\text{отб}}) = 0.901$.

По приведенной модели легко выполнить расчеты при разном давлении в конденсаторе и получить энергетические характеристики энергоблока, приведенные на рис. 3.

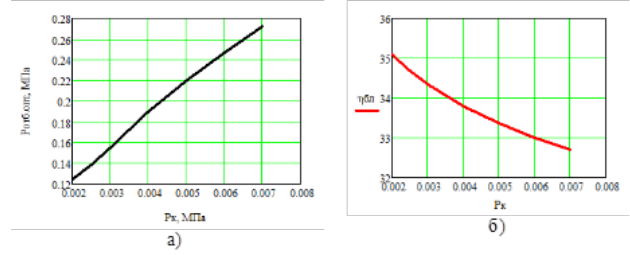


Рис. 3. Оптимальное давление в регенеративном отборе турбины (а) и КПД нетто энергоблока (б) в зависимости от давления в конденсаторе

Модель тепловой схемы промышленного энергоблока мощностью 500 МВт в оптимизационной постановке занимает около 30 страниц текста Mathcad (в формате A4). Вычислительный процесс длится около 3 мин. Поэтому эффективность автоматического оптимизационного поиска Mathcad многократно больше методик многовариантных расчетов применяемых в известных программных продуктах.

Моделирование теплофизических свойств воды, пара и воздуха, также термодинамических циклов теплоэнергетических установок электростанций описано в электронном нии <http://twf.mpei.ac.ru/TTHB/2/tdc.html> (авторы Очков В.Ф. и Орлов К.А.)

С интересом слушатели курсов повышения квалификации осваивают компьютерные решения по определению толщины теплоизоляции различных трубопроводов ТЭС. Для примера, ниже приведен модуль определения толщины слоя теплоизоляции из минераловатных прошивных матов марки М100 трубопровода сетевой воды в машзале ТЭЦ.

Наружный диаметр трубопровода: $d_{\text{н_ст}} = 820 \text{ мм}$. Температура внешней поверхности теплоизоляции: $t_{\text{п}} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ Максимальная температура теплоносителя: $t_{\text{в}} = 130 \text{ }^\circ\text{C}$

Температура окружающей среды (по п.6.3 /Свода правил): $t_{\text{н}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

Расчет выполняется по методике, изложенной в Своде правил СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Актуализированная редакция СНиП 41-03-2003.

Средняя температура изоляции:

$$t_m = \frac{t_{\text{в}} + t_{\text{п}}}{2} = 85 \text{ }^\circ\text{C}$$

Теплопроводность теплоизоляционного материала:

$$\lambda_{\text{к}} = 0.045 + 0.00021 \cdot t_m = 0.0629 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{ }^\circ\text{C})$$

Линейное термическое сопротивление теплоотдаче от наружной поверхности теплоизоляции по приложению В.3 Свода правил 2012 г.(аппроксимация табличных данных)

$$R_{L_{\text{н}}} = \frac{-0.0245 + 0.00249 \cdot \ln(t_{\text{в}})}{1 - 0.160 \cdot \ln(d_{\text{н_ст}}) - 0.0388 \cdot \ln(t_{\text{в}})} \\ R_{L_{\text{н}}} = 0.0463 \text{ (м} \cdot \text{ }^\circ\text{C)}/\text{Вт}$$

Расчетный комплекс связи параметров для определения расчетный величины отношений ха-

рактерных диаметров B (отношение наружного диаметра теплоизоляции к наружному диаметру трубопровода):

$$\ln B = 2 \cdot \pi \cdot \lambda_k \cdot R_{L_n} \cdot \frac{(t_b - t_n)}{(t_n - t_n)} = 0.082$$

где $B = \frac{d_{iz}}{d}$; d_{iz} - наружный диаметр теплоизоляционного слоя, м.

Отношение наружного диаметра теплоизоляционного слоя к наружному диаметру трубопровода:

$$B_{расч} = e^{\ln B} = 1.086$$

Тогда расчетная толщина слоя теплоизоляции:

$$\delta_{iz} = \frac{d_{н.ст}}{2} \cdot (B_{расч} - 1) = 35.121 \text{ мм}$$

Исходя из номенклатуры промышленных теплоизоляционных конструкций, принимаем толщину слоя теплоизоляции 40 мм (СНиП 2.04.14-88*).

Без применения ИКТ рассмотренный расчет выполняется итерациями в течение нескольких часов.

Набор моделей тепловых процессов в эксплуатируемом оборудовании ТЭЦ приведен в [5].

4. О ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО КУРСУ «ВОДОПОДГОТОВКА И ВОДНЫЙ РЕЖИМ ТЭС»

Для проведения учебных занятий со слушателями программ профессиональной переподготовки по курсу «Водоподготовка и водный режим» используются выполненные под руководством проф. Очкова В.Ф. в On-line режиме расчеты в Интернет [6–7].

Для проведения лабораторных работ по моделированию действия водоподготовительного оборудования используется комплекс тренажеров, позволяющих в динамическом режиме изучать водно-химические процессы. Проводятся расчеты равновесных концентраций ионов в водах различного типа.

5. О ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО КУРСУ «ПРИРОДООХРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТЭС»

В рамках дисциплины «Природоохранные технологии на ТЭС» проводятся лабораторные занятия по темам: «Определение выбросов и приземных концентраций NO_x от ТЭЦ», «Расчет рассеивания в атмосфере выбросов вредных веществ», «Определение шумовых характеристик оборудования».

Лабораторная работа «Определение выбросов и приземных концентраций NO_x от ТЭЦ» проводится на действующем газовом паровом котле. Концентрация NO_x определяется с помощью автоматического переносного газоанализатора в вертикальном газоходе, расположенном после конвективной шахты котла.

В ходе проведения лабораторной работы «Расчет рассеивания в атмосфере выбросов вредных веществ» слушатели производят расчет выбросов

вредных веществ, полей приземных концентраций и анализируют основные факторы, влияющие на выбросы вредных веществ и на их приземные концентрации. Расчеты производятся с помощью программного комплекса Эколаб.

Лабораторная работа «Определение шумовых характеристик оборудования» проводится на действующей паровой турбине. Работа направлена на изучение методики проведения измерения уровней звукового давления и уровня звука с помощью шумомера.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Программы повышения квалификации и профессиональной переподготовки, реализуемые в НОЦ «Экология энергетики», согласовываются с их Заказчиками и корректируются с учетом развития новой техники и технологий, включая информационно-коммуникационные технологии.

Выпускные квалификационные работы выполняются по темам актуальным для конкретной ТЭС.

Широкое использование в программах дополнительного профессионального образования современных информационных технологий способствует наработке умений и навыков эффективно решать профессиональные задачи по месту их работы.

В докладе приведены модели, позволяющие читателям сформировать на своих компьютерах рассмотренную расчетную модель тепловой схемы и на этом опыте создавать модели других тепловых схем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. www.wsp.ru
2. РТМ 108.271.23-84. Расчет и проектирование поверхностных подогревателей высокого и низкого давления. НПО ЦКТИ, 1987.
3. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент: Справочник / Под общ. ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. 3-е изд. М.: Издательство МЭИ, 2001.
4. Дорохов Е.В., Ильина И.П. Моделирование и расчет коэффициента теплопередачи в зоне конденсации ПВД. Издательство МЭИ, 2014.
5. Дорохов Е.В. и др. Усовершенствование расчетно-аналитической работы в цехе наладки и испытаний ТЭЦ // «Электрические станции», 2009. № 7. С. 18–23.
6. А.С.Копылов, В.Ф. Очков, Ю.В.Чудова. Процессы и аппараты передовых технологий водоподготовки и их программные расчеты: Учебное пособие для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 222 с.: ил.
7. Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике: Учебное пособие для вузов. – 2 изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. 309 с.

АНАЛИЗ РЕАЛИЗАЦИИ БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ В «НИУ «МЭИ» НА ПРИМЕРЕ ДИСЦИПЛИНЫ «БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ»

АННОТАЦИЯ

В статье проведен анализ реализации балльно-рейтинговой системы в «НИУ «МЭИ» на кафедре Инженерной экологии и охраны труда для совершенствования контроля успеваемости и усвоения материала студентами на примере дисциплины «Безопасности жизнедеятельности». Рассмотрены основные проблемы при реализации БАРС и возможные пути решения. Дана оценка организации образовательного процесса с применением информационных технологий.

Ключевые слова – балльно-рейтинговая система, безопасность жизнедеятельности, организация образовательного процесса

1. ВВЕДЕНИЕ

Повышение качества подготовки выпускников высших учебных заведений нового типа, способных творчески работать в условиях рыночной экономики, самостоятельно мыслить и принимать ответственные решения, обладающих доминирующей мотивацией на успех, требует обязательного использования в организации учебного процесса современных методов обучения и форм контроля, позволяющих непрерывно стимулировать учебную мотивацию студентов. Так как в современных конкурентных условиях возрастает потребность общества и экономики страны в специалистах с высоким уровнем общего развития, профессиональной компетентности и творческих способностей, то необходимо внедрять современные информационные технологии при организации образовательного процесса.

2. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Учебная мотивация студента определяется различными факторами:

- образовательной системой,
- организацией образовательного процесса,
- субъектными особенностями обучающегося,
- спецификой учебных дисциплин.

Повысить мотивацию учебной деятельности студента можно с помощью специально организованной самостоятельной работы и объективного оценивания его деятельности. При этом необходимым условием заинтересованности студентов в учебной деятельности является возможность проявить в процессе обучения самостоятельность и инициативность. Чем активнее методы обучения, тем легче заинтересовать ими обучающихся. В со-

ответствии с последними изменениями в Федеральном законе об образовании вузы должны предоставить «условия для осуществления образовательной деятельности» [1]. Таким образом, образовательные учреждения высшего образования в связи с реализацией ФГОС 3++ ВО вынуждены пересматривать многие вопросы, связанные с повышением качества подготовки специалистов нового поколения. Внедрение в образовательный процесс инновационных технологий обучения требует современной системы оценивания учебных достижений студентов, тем самым, актуализируя эту проблему.

Использование рейтинговой системы оценки деятельности студента может стать одной из современных систем оценивания, которая стимулирует регулярную работу студентов в семестре, повышает мотивацию к изучению предмета, способствует в учебе, обеспечивает более высокий уровень планирования учебного процесса.

Рейтинговая система оценки деятельности студента появилась в 2002 году с целью повысить «познавательные» и «профессиональные» мотивы как педагогической деятельности преподавателей, так и учебной деятельности студентов, связать единой целью, задачами и функционально объединить деятельность всех участников для образовательного процесса [2].

Балльно-рейтинговая система (БАРС) оценки качества знаний студентов работает в нашем вузе около 3 лет [5]. В весеннем семестре 2016/2017 учебного года в ИТАЭ был начат эксперимент по введению балльно-рейтинговой системы учета достижений студентов в учебной, научной и социальной деятельности (БАРС) среди студентов 1, 2 и 3 курсов бакалавриата, обучающихся в ИТАЭ по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника». С начала эксперимента постоянно изменяется и улучшается реализация данной системы. Оценка реализации возможна только по результатам его разработки и внедрения.

Приказ №348 от 29.05.19 «О вводе в эксплуатацию балльно-рейтинговой системы учета достижений студентов в учебной, научной и социальной деятельности» распространяет действие на все институты «НИУ «МЭИ».

При реализации балльно-рейтинговой системы университета могут возникнуть следующие проблемы:

- 1) технические проблемы,
- 2) «человеческий фактор»,
- 3) проблемы при взаимодействии.

Технические проблемы теоретически могут возникнуть при нехватке системных ресурсов университета или несоответствии их требованиям программы, а также от наличия или недостаточного уровня подготовки IT-персонала университета.

В нашем университете уровень подготовки сотрудников достаточно высок, а программное обеспечение реализовано таким образом, что ввод информации в систему возможен с любого компьютера и практически все они отвечают программным требованиям, поэтому технические проблемы при реализации БАРС в данном случае не возникают.

На основе утвержденного «ПОЛОЖЕНИЯ о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» П СМК-9.1.3-01-2018» [4] в университете создано работоспособное программное обеспечение, обеспечивающее полную автоматизацию обработки информации из ведомостей поименного учета успеваемости студентов (далее – ведомостей).

По отзывам преподавателей университета и руководителей факультетов, изучивших особенности заполнения ведомостей и ознакомившихся с «Положением о БАРС», работа по учету успеваемости студентов значительно упрощена:

- **снят вопрос** об обеспечении полноты охвата дисциплин учебного плана и корректности представления в ведомостях их содержания по этому плану (отбор дисциплин осуществляется автоматически);

- **снят вопрос** об обеспечении полноты охвата списков обучающихся бакалавров, магистров и специалистов, участвующих в БАРС;

- **сократились затраты времени** на подготовку, заполнение ведомостей и, особенно, на их обработку для составления отчетов на всех уровнях;

- **снят вопрос** об обеспечении контроля правильности заполнения ведомостей утвержденному «Положению о БАРС»;

- **снят вопрос** об обеспечении контроля полноты представления ведомостей для обработки в отчеты (автоматический контроль на уровне кафедры с передачей на обработку последующих уровней).

Серьезные проблемы могут возникнуть в категории «человеческий фактор»:

- нежелание перемен со стороны преподавателей и сотрудников университета;
- необходимость выполнения двойной работы (бумажный и электронный вариант рейтинга студента);
- непонимание того, что впоследствии программное решение балльно-рейтинговой системы университета будет реально помогать в работе преподавателей и в непредвзятой оценке деятельности студента;
- страх «незаменимых» сотрудников стать ненужными и некомпетентными;
- невозможность обучения преподавателей работе с программой, чаще проявляющаяся сотрудниками университета из числа людей «старой закалки», например, пенсионного возраста.

Данная группа проблем решается путем проведения разъяснительной работы со стороны руководства и разработчика, а также проведение обучения. При этом наличие таких проблем может сильно мешать внедрению программы.

В НИУ МЭИ проводится обучение – повышение квалификации преподавателей по программе «Балльно-рейтинговая система учета достижений студентов в учебной, научной и социальной деятельности (ЭИОС "БАРС")», в объеме 72 ак.ч. При обучении работе в системе БАРС преподаватели проходят как теоретическое изучение при самостоятельной проработке материалов, так и практические занятия с прохождением всех этапов формирования БАРС-структуры. Заканчивается повышение квалификации сдачей тестовых заданий.

На первом этапе реализации системы БАРС оценки проставлялись в 100-балльной системе в журнале, а затем заносились в систему. При этом была дана таблица перевода из 5-балльной системы в 100-балльную. В результате возникала сложность оценки знаний студента преподавателем при использовании 100-балльной системы. В итоге, в конце семестра, система переводила оценку обратно в 5-балльную систему, которая проставлялась в зачетную книжку (рис. 1).

Редактирование оценок

Режим отображения ▾

№	Студент	Контрольные мероприятия				
		Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Срок КМ:	5	9	11	13
		Вес КМ:	10	30	20	20
Группа ТФ-06-14						
1	Абдуллаев Абас Идрисович (3)		85=4	61=3	73=4	60=3
2	Амирян Игорь Саркисович (3)		55=2	61=3	75=4	60=3
3	Алакин Никита Германович (3)		90=5	78=4	100=5	100=5
4	Большаков Павел Сергеевич (3)		75=4	70=4	60=3	70=4
5	Дружин Михаил Сергеевич (3)		100=5	88=4	50=2	80=4
6	Каковина Татьяна Игоревна (3)		80=4	86=4	90=5	100=5
7	Колобанова Виктория Геннадьевна (3)		55=2	41=2	68=3	64=3
8	Котов Андрей Сергеевич (3)		84=4	73=4	73=4	66=3
9	Леонов Максим Сергеевич (3)		55=2	71=4	78=4	60=3
10	Мамонова Дарья Андреевна (3)		100=5	70=4	60=3	80=4
11	Микроусов Павел Евгеньевич (3)		68=3	78=4	73=4	35=2

Рис. 1. Оценочная ведомость по БЖД

В дальнейшем, для облегчения работы преподавателя при простановке оценок в систему, перешли к пятибалльной оценке знаний студентов, что привычнее для оценки знаний студентов.

Балльная система реализуется как средневзвешенная оценка за семестр и оценка за зачет или экзамен. Итоговая оценка зависит от этих двух оценок и определяется по специальной таблице. Эта итоговая оценка заносится в зачетку.

В целях совершенствования учета и анализа рейтинговых показателей успеваемости студентов университета был издан приказ ректора №775 от 27.11.2018 г. и были назначены ответственные за ведение учета и анализа рейтинговых показателей успеваемости студентов университета на факультетах и кафедрах (ответственные по БАРС).

На сайте университета в разделе БАРС кроме приказа №348 предусмотрены подробные инструкции для работы в системе преподавателей и студентов.

Более подробное рассмотрение балльно-

рейтинговой системы показывает, что система обеспечивает количественную оценку качества и фиксации результатов освоения основной профессиональной образовательной программы.

БАРС помогает структурировать содержание каждой учебной дисциплины на обособленные разделы, темы с указанием форм текущего контроля.

Учебная дисциплина «Безопасность жизнедеятельности» - обязательная общепрофессиональная дисциплина, в которой соединена тематика безопасного взаимодействия человека со средой обитания (производственной, бытовой, городской, природной) и вопросы защиты от негативных факторов чрезвычайных ситуаций. Дисциплина формирует у специалистов представления о неразрывном единстве эффективной профессиональной деятельности с требованиями к безопасности и защищенности человека, объясняет принципы гарантируемого сохранения работоспособности и здоровья человека, готовит его к действиям в экстремальных условиях.

Изучение дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» ориентировано на повышение гуманистической составляющей при подготовке специалистов и базируется на знаниях, полученных при изучении социально-экономических, естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин.

Безопасность жизнедеятельности — наука о комфортном взаимодействии человека с техносферой.

В жизни современного человека все большее место занимают проблемы, связанные с безопасностью жизнедеятельности. Человек ежедневно сталкивается с опасными и вредными факторами естественного и антропогенного происхождения. Резкое увеличение антропогенного давления на природу приводит к нарушению экологического равновесия и вызывает деградацию не только среды обитания, но и здоровья людей.

Согласно требованиям законодательства Российской Федерации и иных нормативных документов в стране организуется поэтапное обучение всех категорий населения (в том числе, в образовательных учреждениях) в области гражданской обороны и защиты населения от чрезвычайных ситуаций. В настоящее время высшее образование вносит весомый вклад в формирование здорового образа жизни, умение противостоять поражающим факторам чрезвычайных ситуаций и в обеспечение национальной безопасности страны в целом и жизнедеятельности отдельной личности и общества. В связи с этим в вузах важно изучать дисциплину «Безопасность жизнедеятельности», целью которой является формирование у студентов культуры безопасности. Культура безопасности — это готовность и способность личности использовать в повседневной жизни, в профессиональной и иной деятельности приобретенную совокупность знаний, умений и навыков для обеспечения безопасности; формирование характера мышления и ценностных ориентаций, при которых вопросы безопасности рассматриваются в

качестве приоритета.

При изучении данной дисциплины возникают трудности, которые обусловлены тесной интеграцией БЖД с другими науками: экологией, гигиеной, юриспруденцией, медициной, физической культурой, военным делом и др. Это определяет особенности преподавания дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» и необходимости организации учебного процесса с учетом охвата многообразных проблем современности, всех сфер взаимодействия человека в среде обитания.

Содержание рабочей программы данной дисциплины в нашем вузе включает изучение характеристик негативных факторов среды обитания, их идентификацию и оценку степени отрицательного воздействия, возможные последствия для жизни и здоровья человека. Особенное внимание в учебном процессе уделяется обучению способам защиты человека от естественных, техногенных и антропогенных опасностей, правилам поведения и алгоритмам действий в чрезвычайных ситуациях, организации защитных мероприятий (в том числе, антитеррористических) в образовательных учреждениях, умению оказывать первую помощь себе и другим пострадавшим, реализации условий комфортной и безопасной деятельности. Организация учебного процесса предусматривает отработку алгоритмов поведения при разборе конкретных экстремальных ситуаций и решении кейс-заданий.

Структура предмета БЖД, предусматривает осуществление текущего контроля при защите лабораторных работ и типовых заданий на практических занятиях.

Пример балльно-рейтинговой структуры дисциплины БЖД представлен на рис.2

Разделы		Поиск...
Номер	Название	
1	Безопасность жизнедеятельности: термины и определения. Тема: Термины и определения	
2	Безопасность жизнедеятельности: термины и определения. Тема: Нормативно-правовые основы	
3	Электробезопасность. Тема: Сопротивление тела человека	
4	Электробезопасность. Тема: Анализ опасности прикосновения в различных электрических сетях	

Рис. 2. БАРС структура БЖД

Также БАРС позволяет проводить регулярную оценку знаний, умений, владений (сформированности компетенций) студентов в течение семестра;

Типы и виды контрольных мероприятий представлены на рис.3

Контрольные мероприятия (КМ)			Поиск...			Q	X
Номер	Индекс	Название	Вес, %	Планируемый срок КМ, № недели	Фактический срок КМ, № недели		
1	КМ-1	КМ-1 Выполнение и защита лабораторной работы по графику бригады	10	3	4		
2	КМ-2	КМ-2 Выполнение и защита лабораторной работы по графику бригады	10	5	6		
3	КМ-3	КМ-2 Выполнение и защита лабораторной работы по графику бригады	10	7	8		

Рис. 3. Типы и виды контрольных мероприятий

В курсе БЖД в качестве контрольных мероприятий (КМ) предусмотрены:

- защита лабораторной или практической работ,
- сдача теста,
- контрольная работа

При изучении группой студентов дисциплины БЖД предусмотрено её разделение на подгруппы (бригады) не более 5 студентов для лучшего усвоения пройденного материала. При этом у каждой бригады свой график выполнения лабораторных работ, практические работы выполняются и защищаются всеми бригадами согласно графику в одно время.

Система БАРС позволяет ранжировать студентов по результатам оценки их персональных достижений.

Основные задачи, решаемые с помощью балльно-рейтинговой системы (БАРС) следующие:

- повышение мотивации студентов к более равномерной загрузке учебной работой в течение семестра, а также к научной и исследовательской работе;
- повышение уровня информатизации и организации образовательного процесса в «НИУ «МЭИ»
- более активная работа преподавателей при обучении студентов;
- объективность оценки преподавателями результатов работы студентов, а также регулярный контроль оценок обоими сторонами;
- информатизация отображения результатов обучения с целью контроля всеми участниками учебного процесса.

По завершении каждого семестра посредством БАРС определяется комплексный рейтинг студента, который является количественной оценкой его учебной, научной, общественной и спортивной деятельности.

Периодичность определения комплексного рейтинга – один семестр.

Комплексный рейтинг складывается из **учебно-го, научного и социального** рейтинга, причем каждый из видов деятельности отдельно оценивается по 100-балльной шкале.

Комплексный рейтинг определяется как средневзвешенная величина трех указанных выше рейтингов

Для расчета комплексного рейтинга устанавливаются следующие значения весов (табл. 1).

Таблица 1. Значения весов рейтинга в зависимости от курса обучения

Разновидность рейтинга	Вес рейтинга в зависимости от курса обучения	
	Первый курс обучения в бакалавриате и специалитете	Другие курсы обучения в бакалавриате, все курсы обучения в магистратуре
Учебный	0,8	0,6
Научный	0	0,2
Социальный	0,2	0,2

Данный рейтинг влияет на стажировки, рекомендации работодателям и т.д.

Комплексный рейтинг может служить основанием либо приниматься во внимание при решении таких вопросов, как:

- распределение студентов по профилям
- перевод с одной образовательной программы на другую, либо с платного обучения на бесплатное в установленном в «НИУ «МЭИ» порядке;
- отбор для обучения в военном учебном центре при «НИУ «МЭИ»;
- распределение на практику с возможностью последующего трудоустройства;
- предоставление мест в общежитиях для иногородних студентов;
- выдвижение студентов на различные виды стипендий;
- составление рекомендаций для работодателей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

1. Внедрение балльно-рейтинговой системы (БАРС) оценки качества знаний студентов решает вопрос текущей оценки знаний студентов, мотивирует усерднее заниматься в течение семестра, т.к. половину итоговой оценки возможно «заработать» в течении семестра.
2. Переход от 100-балльной системы оценки текущей успеваемости к пятибалльной позволил прийти к привычной и адекватной оценке знаний студентов. Хотя при этом учебный рейтинг по итогам семестра рассчитывается по-прежнему в 100-балльной шкале.
3. Проблемы, возникающие при реализации БАРС, решаются постоянным совершенствованием и работой над системой. Анализ опытной эксплуатации показал, что необходимы изменения, направленные на повышение технологичности системы и на уменьшение трудоемкости работы пользователя, т.е. преподавателя с системой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Федеральный закон № 17-ФЗ** от 6.03.2018 «О внесении изменений в Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации».
2. **Приказ** Министерства образования Российской Федерации» от 11 июля 2002 года № 2654 О проведении эксперимента по введению рейтинговой системы оценки успеваемости студентов вузов (с изменениями на 5 декабря 2003 года).
3. **Приказ №348** от 29.05.19 НИУ «МЭИ» «О вводе в эксплуатацию балльно-рейтинговой системы учета достижений студентов в учебной, научной и социальной деятельности».
4. **Положение** о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» П СМК-9.1.3-01-2018
5. **Приказ** от 20 февраля 2017 года № 56

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ СОПРОВОЖДЕНИЯ СЛУШАТЕЛЕЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена вопросам автоматизации процессов сопровождения слушателей дополнительных образовательных программ в организациях высшего образования. Проведён обзор программных продуктов, предлагаемых на рынке для решения данных проблем. Рассмотрен опыт Института дистанционного и дополнительного образования ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», в рамках деятельности которого была создана и внедрена информационная система «Слушатель». В задачи информационной системы входит сбор и обработка информации о слушателях, формирование их личных дел, учет групп слушателей, формирование приказов по движению контингента, формирование отчетных форм, печать итоговых документов и многое другое. Рассмотрено взаимодействие информационной системы «Слушатель» с другими информационными системами института. Определены дальнейшие направления развития информационной системы.

Ключевые слова – слушатель, информационная система, дополнительная образовательная программа

1. ВВЕДЕНИЕ

Растущая потребность в информационной поддержке для оперативного принятия управленческих решений в различных областях приводит к необходимости создания и внедрения автоматизированных информационных средств. Не является исключением и автоматизация процессов образовательных организаций.

Целью создания информационных систем вообще, и в образовании в частности, является повышение производительности и эффективности труда работников, улучшение качества информационных услуг, повышение сервиса и оперативности обслуживания пользователей [1].

Следует отметить, что для автоматизации деятельности организации высшего образования используются, как правило, собственные разработки. Примером может служить информационная система университета, разработанная в Новосибирском государственном техническом университете (ИСУ НГТУ), интегрированная информационно-аналитическая система управления ВУЗом, разработанная в Петрозаводского государственном университете (ИАИС ПетрГУ), информационно-аналитическая система мониторинга деятельности кафедры, разработанная в Пензенском государственном университете (ИСМ ПензГУ) и так далее. Такие программы позволяют управлять учебным процессом образовательного учреждения и его подразделений, управлять контингентом студентов,

проводить контроль и анализ успеваемости студентов, итогов приемной комиссии, анализировать учебные планы на соответствие государственным образовательным стандартам, тем самым полностью обеспечивая сопровождение студентов на весь период обучения [2,3]. При этом, такие информационные системы не обеспечивают достаточную поддержку сопровождения слушателей дополнительных образовательных программ.

Как правило, организации дополнительного профессионального образования не в состоянии финансировать разработку информационных систем для собственных нужд. Они прибегают к готовым решениям, построенным по модульному принципу. В том случае, если организация дополнительного профессионального образования является структурным подразделением организации высшего образования автоматизация ее деятельности должна учитывать, имеющуюся в университете информационную среду.

2. ОБЗОР ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИЙ ДПО

На сегодняшний день на российском рынке представлено несколько программных продуктов, которые можно использовать при автоматизации учебного процесса и деятельности организаций дополнительного профессионального образования:

1. «БИТ.ВУЗ.ДПО» – продукт предназначен для автоматизации работы институтов дополнительного профессионального образования и научно-исследовательских институтов. Разработчиками программы является компания «Первый БИТ» (г. Москва). Среди пользователей программного продукта не только организации, реализующие исключительно программы дополнительного обучения, но и организации высшего образования (Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Московский государственный юридический университет имени О.Е. Кутафина). У последних модуль «БИТ.ВУЗ.ДПО» является частью комплексной автоматизации управления и учёта в университете.

2. «GS-Ведомости: ДПО» (г. Ижевск) – предназначена для автоматизации учебного процесса и деятельности организаций дополнительного профессионального образования (институтов, центров и курсов повышения квалификации и переподготовки персонала). Данный программный продукт позиционируется как система комплексной автоматизации образовательного учреждения и имеет

модульную архитектуру. Состав модулей образовательные учреждения могут выбирать самостоятельно исходя из своих потребностей, однако все модули работают с общей, консолидированной базой данных. Модуль для дополнительного профессионального образования является относительно новым, количество клиентов не большое.

3. «1С: Общеобразовательное учреждение (для Дополнительного образования)» (г. Москва) – предназначено для комплексной автоматизации административно-хозяйственной деятельности, ведения платных образовательных услуг, а также формирования и передачи отчетности в вышестоящие органы, в том числе в электронном виде. Имеет большое количество подсистем, которые решают широкий круг задач от управления учебным процессом, учета платных услуг до ведения кадрового учета. Одним из наиболее сильных конкурентных преимуществ является интеграция с другими программами 1С.

Каждый из рассмотренных программных продуктов предназначен прежде всего для комплексной автоматизации деятельности организаций дополнительного профессионального образования. Фактически они позволяют не только сопровождать слушателей дополнительных образовательных программ: вести учет слушателей по курсам повышения квалификации и профессиональной переподготовки, вести учет групп слушателей, формировать приказы по личному составу, создавать и формировать отчетные документы, выводить на печать статистическую информацию, создавать и редактировать учебные планы специальностей учебного центра, формировать и редактировать на основе учебных планов учебные графики, но и затрагивают вопросы управленческого учета [4].

Внедрение этих модулей в организациях дополнительного профессионального образования, являющихся структурными подразделениями организации высшего образования, возможно, когда его основная деятельность автоматизирована на основе программного продукта той же группы. В противном случае при интеграции с имеющимися в университете информационными системами могут появиться проблемы.

3. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ДОКУМЕНТАОБОРОТА ДПО В ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»

В соответствии с требованиями Приказа Росстата об утверждении формы статистической отчетности по дополнительным профессиональным программам от 10.08.2016 № 409 [5], образовательные организации, реализующие дополнительные образовательные программы, должны иметь следующую информацию о слушателе:

- фамилия, имя, отчество;
- дата рождения;
- образование;

- занятость;
- направление деятельности организации для работающих слушателей и категория работника;
- для работников образовательной сферы – тип образовательной организации;
- для обучающихся студентов – тип программы обучения.

Особенностью реализации дополнительных образовательных программ в ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» является распределение ответственности между несколькими структурными подразделениями. При этом ни в одном из них не аккумулируется вся информация о слушателе, что затрудняет создание личного дела слушателя.

Анкетные данные слушателя хранятся в Центрах дополнительного образования, где слушатель проходил обучение (заявление слушателя и его анкета). На сегодняшний день в ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» работают более 25 подобных центров. Документы слушателя, представляемые в финансово-договорной отдел, включают в себя договор (в том числе смета, список слушателей, согласие на обработку персональных данных), акт выполненных услуг, дополнительное соглашение к договору (в случаях изменений условий договора или персональных данных участников договора). Документы слушателя, представляемые в отдел дополнительного профессионального образования Института дистанционного и дополнительного образования, включает приказы (о зачислении, об отчислении, о восстановлении, о переводе на следующий этап обучения, об изменении персональных данных), аттестационные документы (ведомости, протоколы), дополнительные образовательные программы (программы, учебные планы, расписания занятий), журналы учета выданных документов (дипломов, удостоверений, сертификатов). Блок схема формирования документов в процессе сопровождения слушателей дополнительных образовательных программ представлена на рис. 1.



Рис. 1. Блок-схема формирования документов слушателей дополнительных образовательных программ

Количество документационной работы, которая сопровождает сегодня реализацию дополнительных образовательных программ, по трудоемкости выполнения и требуемым ресурсам в большинстве случаев сопоставимо с затратами непосредственно на обучение. Кроме этого, следует учитывать, что дополнительные образовательные программы, разработанные по типовому материалу, как правило, не конкурентоспособны, а, следовательно, для создания конкурентоспособной системы дополни-

тельного образования требуется постоянная переработка программ и их актуализация, что увеличивает трудоемкость программ на подготовительном этапе [6–8].

Образовательные методики, применяемые при реализации дополнительных образовательных программ, как правило, основаны на модульном принципе подготовки материалов. Это позволяет заменять блоки, но при этом не уменьшают работу по подготовке методической документации [8,9]. Развитие систем сопровождения хода образовательного процесса является еще одним фактором, который дополнил бы процесс обучения слушателей цифровым подходом к обработке документов, выдаче дипломов и удостоверений по результатам обучения.

Сбор данных о результатах обучения слушателей по всей системе дополнительного образования позволяет оперативно проводить работу по подготовке документов, оформлению результатов освоения программы. Учитывая все особенности организации документооборота ДПО в ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» было принято решение о создании собственной информационной системы, способной сопровождать слушателей.

4. ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «СЛУШАТЕЛЬ»

В 2019 году в ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» была разработана и введена в эксплуатацию информационная система «Слушатель» (ИС «Слушатель»). Замысел создания и архитектура системы была подготовлена Институтом дистанционного и дополнительного образования, а создание интерфейса и базы данных, интеграция с другими информационными системами университета выполнялась сотрудниками Информационно-вычислительного центра.

ИС «Слушатель» был спроектирован таким образом, чтобы в нем могли одновременно работать более 50 методистов. ИС «Слушатель» позволяет проводить сбор данных на каждом этапе обучения слушателя, обрабатывать данные о сдаче текущих аттестационных заданий и выполнении итоговой аттестации. ИС «Слушатель» в автоматическом режиме формирует личное дело, обрабатывает данные о договорах и выбранных программах на основе введенной анкетной информации. Личное дело слушателя состоит из непосредственно личных дел (карточек), анкет слушателей, учебных карточек слушателей, копий выданных документов об освоении программы (диплом, удостоверение, свидетельство, сертификат) (рис. 2).

Программа позволяет создавать следующие типы аттестационных документов: аттестационная ведомость; аттестационный лист; зачётная ведомость; экзаменационная ведомость. Аттестационные документы выводятся на печать. Введенные оценки по результатам аттестации попадают в электронную зачетку слушателя и учебную карточку.

ФГБОУ ВО НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»
ИНСТИТУТ ДИСТАНЦИОННОГО И ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

ЛИЧНОЕ ДЕЛО СЛУШАТЕЛЯ

Группа **ИБ-ПГС-63/19** Договор **78ИБ.2019 от 11.04.2019**

Колсанов Владислав Анатольевич

Центр ДО **Центр дистанционного образования кафедры информационных технологий микроэлектронной безопасности**
Программа **Промышленное и гражданское строительство**
Форма обучения **заочная с ДОУ**
Направление подготовки **08.03.01 Строительство**
Период обучения **16.04.2019 - 18.10.2019**

Основные сведения:	
Дата рождения	29.07.1994
Сведения о гражданстве (или отсутствии гражданства)	Россия
Документ, удостоверяющий личность, копия и кем выдан, код подразделения	Паспорт РФ 1813 2423319 от 07.08.2014 территориальный пункт УФСБ России по Волгоградской обл. в ст-це Невзвская
Сведения о предыдущем образовании (бакалавриат / специалитет / магистратура)	Среднее профессиональное образование Подготовка специалистов среднего звена
Документ об образовании (наименование документа, номер, дата выдачи, кем выдан)	Итого № 111404 0005/43 от 30.01.2015. выдан ГОУ СПО "Волгоградский агропромышленный техникум"

Дополнительные сведения:	
Адрес по месту постоянной регистрации в настоящее время	
Адрес фактического проживания	Волгоградская обл. Невзвский р-он, с. Тухайковский
Адрес электронной почты	vkobolzanov92@gmail.com
Телефон домашний, мобильный	89377050114

1 Указывается: страна, республика, область, индекс, город (село, поселок), улица, номер дома, номер квартиры.
2 для связи в период обучения.

Сведения о трудовой деятельности:	
Место работы	ООО "СМУ-11"
Адрес организации / предприятия	
Должность	мастер
Рабочий телефон	

Предоставленные сведения верны: да нет 2020 г.

Рис. 2. Фрагмент сформированного личного дела в ИС «Слушатель»

Для сопровождения дополнительных образовательных программ в ИС «Слушатель» предусмотрены интерфейсы создания учебных планов дополнительных образовательных программ, создания реализуемых образовательных программ. Модуль «Программа» в ИС «Слушатель» включает в себя общие сведения о программе дополнительного образования, в том числе наименование, объем часов, учебный план, вид итоговой аттестации и тип итогового документа (рис.3). Реализуемая программа дополняет программу данными о сроках ее реализации, стоимости, этапах и направлениях подготовки высшего образования к которой дополнительная образовательная программа является преемственной.

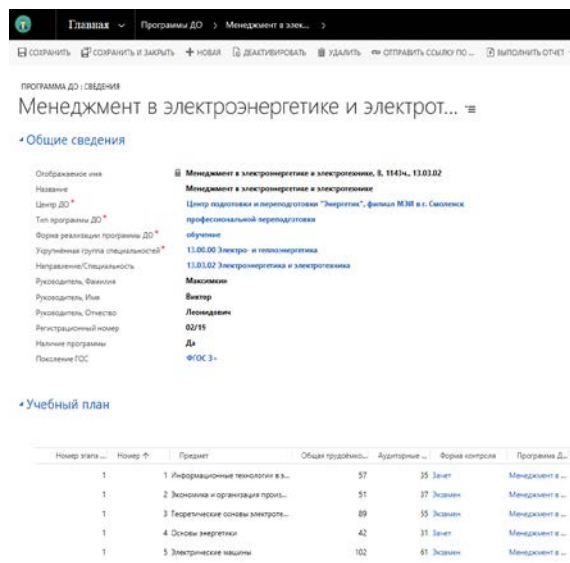


Рис. 3. Интерфейс модуля «Программа» в ИС «Слушатель»

В ИС «Слушатель» встроен интерфейс для создания приказов по университету. Программа позволяет создавать следующие типы приказов: зачисление; отчисление; восстановление; перевод; смена данных. Приказы попадают к службу делопроизводства и имеют электронный номер и номер регистрации. Выписки из приказов автоматически распределяются по личным делам слушателей (рис. 4).

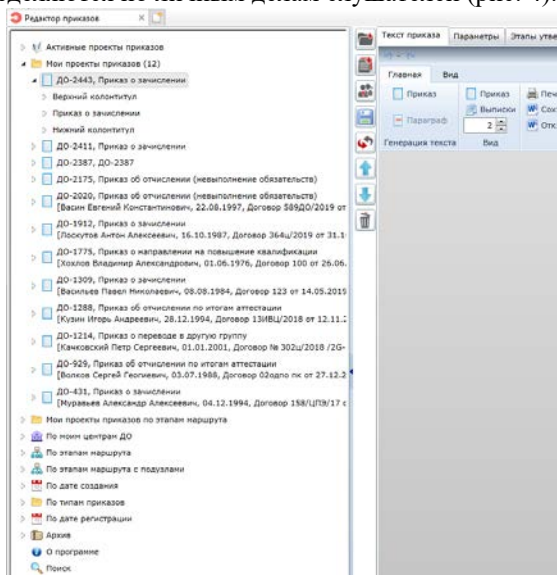


Рис. 4. Интерфейс для создания приказов в ИС «Слушатель»

В ИС «Слушатель» предусмотрен модуль для автоматического формирования итоговых документов по результатам освоения программы. В зависимости от типа программы система компонуется из личного дела, аттестационных документов и характеристик договора - дипломы профессиональной переподготовки с приложениями, удостоверения о повышении квалификации или свидетельства об обучении. При подключении к личному кабинету слушателя может быть самостоятельно распечатана копия документа. Подлинники выводятся в службе выдачи документов, регистрируются и выдаются слушателям (рис. 5).

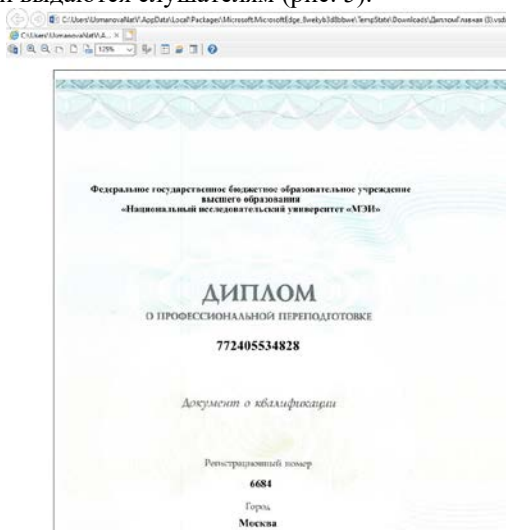


Рис. 5. Интерфейс для формирования и печати итоговых документов в ИС «Слушатель»

Аналитический блок ИС «Слушатель» позволяет участникам процесса сопровождения слушателей и руководителям дополнительных образовательных программ анализировать результаты обучения и составлять статистические отчеты по работе системы в целом, в том числе и по форме №1 ПК. Система аккумулирует базу данных контрагентов, рассчитывает эффективность и востребованность программ, содержит электронные журналы выданных документов в зависимости от категории программ.

5. ИНТЕГРАЦИЯ ИС «СЛУШАТЕЛЬ» С ИНФОРМАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ НИУ «МЭИ»

При проектировании ИС «Слушатель» были поставлены и решены задачи интеграции с тремя информационными системами ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»: ИС «Кадры», ИС «Студент», ИС «Электронный МЭИ».

По статистике, на сегодняшний день 70% слушателей ИДДО это сотрудники и студенты университета, информация о которых содержится в ИС «Кадры» и ИС «Студент», соответственно. Для того, чтобы избежать повторного внесения информации была проведена интеграция с данными информационными системами. В результате интеграции из ИС «Студент» в ИС «Слушатель» выгружаются следующие данные о студентах, обучающихся на программах дополнительного обучения:

- фамилия, имя, отчество студента;
- дата рождения;
- телефон, e-mail;
- паспортные данные;
- данные о прописке.

Из ИС «Кадры» в ИС «Слушатель» выгружается информация о преподавателях и сотрудниках университета, которые являются слушателями по программам ДПО:

- фамилия, имя, отчество студента;
- дата рождения;
- телефон, e-mail;
- документ об образовании;
- должность и место работы.

Интеграция с данными информационными системами позволила уменьшить количество ошибок при заключении договоров со студентами и подготовке приказов о направлении преподавателей на обучение.

В ИС «Электронный МЭИ» из ИС «Слушатель» в результате интеграции попадает информация о программах дополнительного обучения, реализуемых в ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»: основные характеристики, учебный план, данные о руководителе дополнительной образовательной программы.

В перспективе планируется проработать три направления взаимодействия ИС «Слушатель» с другими информационными системами университета:

1. Выгрузка информации о созданных догово-

рах из ИС «Слушатель» в программу «1С: Бухгалтерия», чтобы информацию не надо было дублировать.

2. Выгрузка информации о итоговых документах, выданных преподавателям и сотрудникам НИУ «МЭИ» по результатам обучения в ИДДО из ИС «Слушатель» в ИС «Кадры» и ИС «Стим».

3. Выгрузка информации из ИС «Кадры» в ИС «Слушатель» о сотрудниках, занимающихся дополнительным образованием, для формирования отчета по форме № 1ПК.

Кроме этого, в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 26 августа 2013 г. №729 «О федеральной информационной системе «Федеральный реестр сведений документах об образовании и (или) о квалификации, документах об обучении» в федеральный реестр должны быть внесены сведения о документах дополнительного профессионального образования, документах о профессиональном обучении выданных с 2013 года и по настоящий момент, о вновь выданных документах информация в федеральный реестр должна попадать в течении 60 дней после выдачи. В перечень сведений о выданных документах входит и информация о слушателе, которому документ был выдан (фамилия, имя, отчество, дата рождения). По статистике за год Институтом дистанционного и дополнительного образования ФГОБУ ВО «НИУ «МЭИ» выдается более 3 500 таких документов. Автоматизацию ввоза данных в ФИС ФРДО планируется проводить так же с использованием ИС «Слушатель».

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сегодня вопросы автоматизации учебного процесса и деятельности организаций дополнительного профессионального образования становятся все более актуальными. Решения, которые предлагаются на рынке в основном рассчитаны на организации, основным видом деятельности которых является реализация дополнительных образовательных программ. Если же организация дополнительного профессионального образования является структурным подразделением организации высшего образования, то для нее информационные системы сопровождения слушателей целесообразно разрабатывать самостоятельно с учетом имеющейся в университете информационной среды.

В целом опыт по разработке и внедрению информационной системы по сопровождению слушателей дополнительных образовательных программ в ИДДО можно считать успешным. ИС «Слушатель» позволила автоматизировать работу отдела и центров дополнительно обучения. Была создана единая база слушателей, дополнительных образовательных программ, появилась возможность автоматизировать подготовку статистической отчетности. Из существенных недостатков информационной системы на сегодняшний день можно выделить невозможность ее тиражирования и недостаточно удобный интерфейс, особенно по сравнению

с готовыми программными продуктами, которые предлагает рынок. Дальнейшее развитие ИС «Слушатель» будет связано с совершенствованием системы в этом направлении, а также в дальнейшем развитии взаимодействия с другими информационными системами университета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гущин А.В.** Понятие и значение информационно-технологического обеспечения в развитии электронного обучения высшего педагогического образования // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 12 (часть 9) – С. 2003-2008. URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=36479>
2. **Виштак О.В., Штырова И.А.** Автоматизация мониторинга качества в системе дополнительного профессионального образования // *Научное обозрение. Педагогические науки*. 2017. № 5. С. 14-17.
3. **Рудая М.А., Шафранова О.Е.** Особенности методического обеспечения электронного обучения слушателей по программам дополнительного профессионального образования // *АНИ: педагогика и психология*. 2017. №4 (21).
4. **Анискина Н. Н.** Новые горизонты дополнительного профессионального образования // *Высшее образование в России*. 2013. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novye-gorizonty-dopolnitelnogo-professionalnogo-obrazovaniya>.
5. **Приказ Росстата** от 10.08.2016 N 409 (ред. от 19.08.2016) «Об утверждении статистического инструментария для организации Министерством образования и науки Российской Федерации федерального статистического наблюдения за деятельностью образовательных организаций, осуществляющих образовательную деятельность по дополнительным профессиональным программам и организаций, осуществляющих образовательную деятельность по основным программам профессионального обучения»
6. **Егорова О.Б.** Использование технологии смешанного обучения в блоке дисциплин "цифровая культура" в университете ИТМО // *Современное образование: содержание, технологии, качество*. 2019. Т. 1. С. 140-142.
7. **Krylov V.M., Maltsev V.N., Smagina I.A.** Advertising and technical description "educational and methodical program complex "bioinformatics economy" // *Навигатор в мире науки и образования*. 2017. № 3 (36). С. 107-109.
8. **Семенова И.Н., Стариченко Б.Е., Слепухин А.В.** Теоретические основы построения методов обучения в условиях развития смешанного обучения. Фундаментальные и прикладные аспекты современных психолого-педагогических и социологических исследований / *Коллективная монография в 3-х томах*. Ришон ле-Цион, Израиль, 2014. С. 231-260.
9. **Насибуллин Э.Н.** Автоматизация управления качеством образовательного процесса в дополнительном профессиональном образовании // *ОТО*. 2012. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-upravleniya-kachestvom-obrazovatelno-go-protssesa-v-dopolnitelnom-professionalnom-obrazovanii>.

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

АННОТАЦИЯ

Обсуждаются назревшие изменения в современном образовании, обусловленные широким распространением информационных технологий во всех сферах жизни общества. Рассматриваются новые формы электронного образования, которые отвечают вызовам глобальной цифровизации. Проведен анализ возможностей и широты распространения технологий онлайн обучения, а также предложены пути расширения способов применения электронных технологий в инженерном образовании с целью повышения его эффективности и подготовки современных инженерных кадров.

Ключевые слова – электронное образование, адаптивные онлайн курсы, обучение peer-to-peer, чат-боты, микрообучение, видеоконтент, виртуальная реальность

1. ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных ориентиров в современном образовании является модель будущего выпускника учебного заведения. На разных ступенях образования необходимые качества могут различаться, но основные требования, такие как, коммуникативность, креативность, способность к самообразованию и умение работать с информационными ресурсами необходимы любому человеку в современном мире.

Общество сегодня не представляется без средств массовой информации, виртуальной сети Интернет и других информационных и инновационных технологий. Одно из приоритетных направлений развития общества и сферы образования, в частности, – это цифровизация. Образовательная среда в последние десятилетия значительно изменилась вследствие применения различных электронных образовательных ресурсов и продолжает стремительно меняться в сторону цифровизации. Появляется множество новых трендов, обуславливающих иное качество образовательных инноваций. В статье исследуются возможности их учета при инженерной подготовке в высшей школе.

2. ИЗМЕНЕНИЯ В ОБЩЕСТВЕ – ИЗМЕНЕНИЯ В ОБРАЗОВАНИИ

Современный этап в развитии высшего образования в России характеризуется формированием новой системы, направленной на вхождение в мировое информационно-образовательное пространство [1]. В этой системе

можно проследить те же тенденции, что и в обществе и в экономике.

Во-первых, это глобализация и интеграция. Развитые компьютерные технологии проникают во все сферы человеческой деятельности. В повседневной жизни для нас уже привычными стали такие системы как «умный дом», Promobot и другие интеллектуальные системы. Активное распространение всех информационных потоков в обществе образует глобальное информационное пространство. Мы не можем представить себе страну, которая не была бы включена в этот цифровой мир, в том числе, и с проникновением в сферу образования.

Образование сталкивается с определенными вызовами, когда классы и аудитории становятся неоднородными, в них находятся обучающиеся из разных слоев общества, социально-экономических классов и культур, что отражается на уровне образования и, в свою очередь, требует дифференцированных подходов. Происходящие изменения в обществе ведут к появлению новых профессий. Распознать тенденции в подготовке специалистов для рынка труда и своевременно внедрить их в образовательный процесс – еще один тренд, связанный с глобализацией. С точки зрения Й. Виссемы [2], успешные университеты будущего превратятся в центры научно-исследовательских хабов. Они будут работать с научно-исследовательскими организациями, государством и коммерческими компаниями в части проведения прикладных исследований, сотрудничать на международном уровне с другими университетами, а так же конкурировать с ними. Уже сейчас ведущие университеты создают общие образовательные платформы, такие как «Открытое образование», имеются нормативные акты, которые позволяют обучающимся пройти какой-либо курс обучения онлайн и перезачесть его в своем университете. Набирают популярность и адаптивные онлайн курсы. В связи с тем, что онлайн платформ и курсов становится все больше и больше, слушатели стараются выбрать те, которые предлагают персонализированное обучение. Большой плюс адаптивных систем в том, что они могут масштабироваться и подстраиваться под индивидуальные особенности обучающегося. Они предлагают следующий урок на основе уже изученного материала [3].

Так, в своей образовательной деятельности при использовании системы смешанного обучения мы сталкиваемся с проблемой использования системы

предварительного тестирования студентов при их самостоятельной работе и подготовке к аудиторным контрольным мероприятиям. Студенты видят результаты теста, но не могут определить пробелы в собственной подготовке, где находится ошибка в их ответах. В данном случае адаптивным элементом обучения будут обучающие образовательные тесты. Они указывают, где содержится ошибка, и могут перенаправить к тому теоретическому материалу, который не был усвоен и одновременно предложить дополнительное объяснение, которое позволило бы исправить имеющийся пробел в знаниях.

Следующей немаловажной тенденцией в обществе является модель «Экономики совместного потребления», когда опыт становится важнее владения. Основой является peer-to-peer модель. Она включает совместное создание, производство, распространение, торговлю и потребление товаров и услуг разными людьми и организациями [4]. Аналогом в образовании становится формат обучения peer-to-peer. Он включает методику проектного обучения и совместную работу студентов в форумах, чатах или на специальных онлайн сервисах, таких как Sutori, Coggle и др. [5]. Этот формат обучения дает возможность взаимодействия с любой другой формой обучения. Участники процесса получают знания через активный совместный поиск информации, обсуждение и понимание смыслов, применения на практике своих знаний [6].

Инновационные технологии захватывают наш мир со все возрастающей скоростью. Знания и умения, которые были важны 10 лет назад, морально устарели по отношению к тенденциям новой модели мира [3]. Изменения в технологии и всеобщая цифровизация ведут к социальной трансформации в обществе. На смену поколения X приходят поколения Y и Z, имеющие другой набор ценностей.

В ситуации постоянных изменений, происходящих в обществе, возрастает роль непрерывного образования через всю жизнь, а также необходимость постоянного обновления профессиональных и общечеловеческих навыков, получения более глубоких знаний в области технологий, математики и инновационных научных сведений. В связи с повышением работоспособного возраста важным становится создание учебных программ для поддержания/повышения/смены квалификации работников на протяжении всего карьерного пути. Необходимо менять представление и о процедуре выборе профессий молодым поколением. Зачастую он определяется тремя источниками: СМИ, семья и профориентация. Школьники плохо представляют себе рынок труда и профессии, которые они выбирают, имеют мало общего с прогнозируемым спросом на специалистов. Современные технологии позволяют продемонстрировать, если не лично, то через интернет огромный спектр

возможностей. Необходимо, чтобы работодатели и работники образования работали в кооперации, чтобы помочь расширить кругозор молодых людей, поднять их устремления и предоставить им жизненно важные знания и навыки, связанные с работой, которые помогут им в процессе перехода от школы к будущей профессии. Эти усилия не только дадут молодым людям наилучший старт в жизни, но и уменьшат несоответствие между устремлениями молодых людей и требованиями рынка труда, тем самым гарантируя, что у нас будет рабочая сила, которая обеспечит экономическое процветание в будущем [7].

3. ОБУЧЕНИЕ ОНЛАЙН

Можно говорить о том, что большинство проблем, стоящих перед современным образованием, вполне решаемы в сфере онлайн образования. Онлайн образование имеет много плюсов. Оно решает проблему доступности, расширяет возможности выбора преподавателя, глубины изучаемого материала, форм и инструментов передачи знаний. Имеет социально-экономические преимущества, такие как формирование групп по интересам и относительная дешевизна. Один раз вложив деньги в создание курса можно минимизировать текущие затраты и сделать обучение доступным. Популярность онлайн курсов добавляет возможность учиться в удобное время по свободному графику. МООС (массовые открытые онлайн курсы) — это хороший пример внедрения технологического прорыва в сферу образования [8,9].

Но есть и минусы. Курсы не могут дать тот же процент усвоения материала. Чтобы материал воспринимался хорошо, видеофрагменты становятся короче, применяются подходы, характерные для компьютерных игр (геймификация). Это увеличивает число слушателей курса и ухудшает качество знаний. Так же невелик процент слушателей, которые проходят онлайн курс до конца. У обучаемых чаще всего не хватает самодисциплины и мотивации. А так же, если обучающийся не видит персонализированного подхода и прямой коммуникации с человеком, то теряется заинтересованность в дальнейшем процессе. Кроме того, на МООС-платформах обычно имеется только форум с вопросами составителю программы, а также затруднен процесс наблюдения за развитием умений.

Геймификация так же не решает проблему вовлеченности и достижения результата. Она безусловно работает, но на краткосрочном периоде. Только 15% студентов отмечают, что награды за прохождение заданий положительно влияли на их обучение [9].

Связаны перечисленные проблемы, прежде всего, с отсутствием человека в образовательном процессе и привычкой к личному общению.

В настоящее время формируется вторая волна стартапов в этой сфере. Предлагаются новые формы электронного образования. Среди наиболее популярных можно перечислить микрообучение, чат-боты, адаптивное обучение, виртуальная и расширенная реальность, видеоконтент, реер-to-реер, курирование контента и машинное обучение [10].

Сегодня возможно «обучить» компьютерные системы быть «человечнее» благодаря нейросетям и машинному обучению. Чат-боты стали пока одним из наиболее эффективным инструментом, преодолевшим, упоминавшиеся выше недостатки. Это программа, которая симулирует взаимодействие с человеком онлайн. Теоретически подобные сервисы могут обучать чему угодно. Их используют для индивидуального сопровождения учащихся. Искусственный интеллект может спрогнозировать поведение учащегося, помочь найти ему нужный контент, разобраться со сложным заданием, справиться с сопротивлением обучению. Во многих решениях чат-бот «работает» в техподдержке. С ним можно общаться когда угодно и сколько угодно, много раз переспрашивать и не бояться ошибиться. Наибольшее применение данная технология нашла на рынке изучения иностранного языка. Эти программы создавались для решения рутинных, повторяющихся задач, а преподаватели могут больше времени уделить более сложным и многогранным задачам [11].

Чат-боты находятся сейчас в стадии становления. В ближайшее время они не способны заменить человека в аудитории. Но могут взять на себя проверку однотипных работ, которые отнимают у преподавателя массу времени, особенно, если это касается онлайн курсов [12].

Популярным решением для бизнеса и корпоративного обучения стало микрообучение. Это система ежедневного обучения в течении длительного времени. На изучение каждого блока тратиться не больше 20-30 минут. Каждый блок автономен. Он состоит из небольшого видео (не больше 5-15 минут), небольшого текста (1-2 страницы), теста для самопроверки и небольшого практического задания, на примере которого человек видит, для чего он приобретает данное знание. В результате человек узнает конкретную вещь и приобретает навык. Обучение должно быть ежедневным, чтобы сформировать привычку учиться. Если компания большая, то необходима команда модераторов, которые будут осуществлять поддержку проекта и своевременно отвечать на все вопросы. При использовании данной технологии в организации не лишним будет позаботиться о материальной или иной мотивации, потому что ежедневное обучение – серьезное дело [13].

Возможна организация микрообучения для обучающихся заочного отделения университетов.

Оно идеально подходит для системы электронного обучения, потому что проходит в удобное время и может осуществляться с мобильного телефона или планшета. Можно совместить его с чат-ботом, который будет проверять задания в удобное для учащихся время, отвечать на вопросы и одновременно накапливать сведения о прогрессе обучения.

Очень быстро набирают популярность расширенная и виртуальная реальность (VR). Накладывая графику и изображения, можно разнообразить учебный процесс. В строительных компаниях и в нефтедобыче очень востребованы технологии 3D-моделирования. Если модель построена и дополнена необходимыми данными, то она позволяет оптимизировать процессы принятия управленческих решений. Элементы виртуальной реальности используют для обучения необходимым навыкам, например, в медицине или технике безопасности. Виртуальная реальность может стать необходимым компонентом курсов для людей с особыми потребностями [14, 15].

Видео-ролик один из самых распространенных форматов в онлайн обучении. Мы гораздо охотнее просматриваем видео, чем читаем текст и лучше запоминаем информацию именно из видео. Но в видео-контенте есть и свои минусы. В традиционном ролике невозможно проверить усвоен или нет материал. Как показывает практика, у обучаемых пользуются спросом ролики, продолжительностью до 15 минут, и не всегда информацию для изучения можно разбить на короткие видеокуски.

Превратить пассивного слушателя в активного участника процесса позволяют интерактивные видео. В ролик включаются небольшие задания, которые обучающийся выполняет сразу после просмотра, для того, чтобы закрепить знания. Такие задания позволяют переключать внимание и не уставать от монотонного прослушивания длинной информации. Можно создать варианты ветвления и предложить выбрать для освоения интересующую часть программы. Интерактивное видео можно совместить со стандартом SCORM и отслеживать прогресс учащихся. Такие ролики можно использовать в видеолекциях, тренажерах, обучающих видео, в продолжительных по времени курсах [16].

4. ОБУЧЕНИЕ ОНЛАЙН В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Концепция развития инженерного образования «будущего» предполагает развитие системного мышления обучающихся и формирование опыта решения профессионально ориентированных задач на основе применяемых в практической жизни компьютерных технологий [17]. В этой связи очевидна необходимость модернизации.

Таблица 1. Сравнительная таблица применения новых технологий в гуманитарном и инженерном образовании

Технологии онлайн	Гуманитарное образование	Инженерное образование
<i>Адаптивные онлайн курсы</i>	Электронные учебники, онлайн курсы иностранных языков (платформа Gymglish), Pokemon! Gotta Catch 'Em All(платформа Stepik)	Адаптивный курс математики(ТГУ), Адаптивный тренажер Python, Адаптивные проблемы достаточности данных GMAT (платформа Stepik)
<i>Peer-to-peer</i>	P2PU- сам себе университет (от поэзии до программирования), СПбГУ- языковые курсы для поступающих	P2PU- сам себе университет (от поэзии до программирования)
<i>Чат-боты</i>	Изучение иностранных языков, индивидуальное сопровождение обучающихся онлайн курсов, виртуальный лектор, проверка тестов и эссе в системе онлайн курсов	
<i>Микрообучение</i>	Изучение иностранного языка, корпоративное обучение	
<i>Видео контент</i>	Интерактивное обучающее видео http://smeety.ru/	Интерактивное видео
<i>Виртуальная реальность</i>	Виртуальные экскурсии, организация виртуальных классов и совместной работы	Виртуальные лаборатории, 3-d моделирование, формирование умений в виртуальной и дополненной реальности

образовательного процесса технических вузов и потребность во внедрении вышеперечисленных технологий в процесс инженерного образования с целью повышения его эффективности.

В табл. 1 приведены данные о том, в какой области образования уже нашли применение, перечисленные технологии обучения. Видно, что более широкое применение технологии онлайн находят в гуманитарном образовании и активно используются для изучения иностранных языков. В инженерном образовании подобные технологии менее распространены. В образовательной практике применяются отдельные электронные ресурсы, опыт широкого системного применения достаточно редок, в частности, в графическом образовании [18,19]. Авторы признают эффективность практики использования 3-d моделирования в геометро-графический подготовке студентов политехнического университета. Овладев приемами моделирования в системах САПР обучающиеся успешно справляются с выполнением моделей технических объектов и ассоциированным построением чертежей. Приобретение опыта курсового проектирования и реальной проектно-конструкторской деятельности позволяет студентам в дальнейшем эффективно выполнять курсовые и дипломные проекты, а также принимать участие в проектно-конструкторских и исследовательских работах по заказам предприятий [20].

Прекрасным примером использования новых форм в инженерном образовании является отраслевой научно-исследовательский учебно-тренажерный центр Газпрома – «Газпром ОНУТЦ» [21]. С помощью интерактивных обучающих систем и тренажеров-имитаторов проходит повышение квалификации сотрудников, отработка аварийных ситуаций, аттестация и контроль персонала, применяется система смешанного обучения. Обучение ведется по 11 направлениям, в фонде находятся более 2000 учебно-методических материалов. В учебно-производственном центре ООО «Газпром трансгаз Чайковский». процесс обучения по образовательным рабочим программам предполагает изучение теоретического курса, прохождение практики (учебной и производственной), а также сдачу квалификационного экзамена, включающего сам экзамен и выполнение практической квалификационной работы. Изучение теоретического курса, сдача экзамена проходит на базе автоматизированной системы «Организация процесса обучения в УПЦ Общества». Система позволяет заниматься удаленно, так как содержит учебно-методические материалы, видеофильмы и электронную библиотеку. Для контроля знаний по различным предметам и дисциплинам, а также для проведения одной из частей квалификационного экзамена в УПЦ Общества активно используется блок - программа «Тестирование». По окончании

тестирования распечатываются протоколы, как по группе в целом, так и на каждого обучающегося отдельно.

Так же автоматизированная система позволяет решать вопросы оптимизации управления планирования и организации учебного процесса. Система предоставляет возможность в блоках «Планирование и статистика», «Договоры» автоматизировать сопровождение «Заявочной кампании», формировать и корректировать план обучения, вести статистику и мониторинг учебной работы, контролировать качество выполнения учебного плана, формировать документооборот по ведению группы, а также составлять отчеты любых форм. За год в учебном центре проходят переподготовку, повышение квалификации и получают вторую (смежную) профессию 3415 человек. Штатные и внештатные преподаватели раз в три года проходят переподготовку с применением компьютерных обучающих систем ЧУ ДПО «Газпром» ОНУТЦ. Внедрение новых технологий в производстве и постоянное повешение уровня образования рабочих и специалистов всех уровней позволяет «Газпрому» эффективно развиваться.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Задача развития, совершенствования и оптимизации методов обучения в инженерном образовании всегда была одной из актуальных проблем. Современные технологии позволяют решить проблемы персонализации обучения, повышения его производительности и интенсивности, доступности и открытости, оптимизации передачи знаний, экономической эффективности. Несомненно то, что для подготовки инженерных кадров новой формации, необходимо расширять опыт применения новейших образовательных технологий технологии в образовании. Но при этом нельзя забывать об основах обучения и когнитивной науки. Они являются неотъемлемой частью успешного обучения и убергут время и ресурсы от траты на очередную модную новинку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Конева О.Ю.** Внедрение новых информационных технологий в учебный процесс: проблемы и перспективы. [Электронный ресурс]. URL <https://gigabaza.ru/doc/44274.html> (Дата обращения: 01.11.2019)
2. **Йохан Г. Виссема.** Университет третьего поколения. Управление университетом в переходный период.- М.: «Олимп – Бизнес», 2016
3. **Топ-8 трендов** онлайн-образования в 2019 году. [Электронный ресурс]. URL <https://edmarket.ru/blog/top-trends-for-elearning> (Дата обращения: 01.11.2019).
4. **6 мегатрендов**, которые повлияют на будущее цифровой экономики. [Электронный ресурс]. URL https://softline.ru/digital_business_tools/tsifrovaya-laboratoriya/6-megatrendov-cifrovoyi-ekonomiki (Дата обращения: 01.11.2019).

5. **Энгель А.** 5 сервисов для коллаборации онлайн. [Электронный ресурс]. URL <https://edmarket.ru/blog/collaboration-online> (Дата обращения: 01.11.2019).
6. **Овчинникова Н.** Тренды будущего образования и работы 2019. [Электронный ресурс]. URL <https://mel.fm/blog/nataliia-ovchinnikova/35124-trendy-budushchego-obrazovaniya-i-raboty-2019> (Дата обращения: 01.11.2019).
7. **Павельева Н.В.** Коллаборативное обучение как модель эффективной реализации образовательного процесса. // Образование, карьера, общество., №3(29) 2010 С. 30-37
8. **Коптелов А.К.** Зачем вам онлайн-образование? Пять причин [Электронный ресурс]. URL <https://www.e-xecutive.ru/education/proeducation/1968025-zachem-vam-onlain-obrazovanie-pyat-prichin> (Дата обращения: 01.11.2019).
9. **Чикунев А.** Машина-учитель: как AI-технологии дадут новый импульс онлайн-образованию. [Электронный ресурс]. URL <https://www.forbes.ru/tehnologii/342091-mashina-uchitel-kak-ai-tehnologii-dadut-novyy-impuls-onlain-obrazovaniyu> (Дата обращения: 01.11.2019).
10. **Касти Суреш дн.** 8 лучших тенденций электронного обучения на 2019 год. [Электронный ресурс]. URL <https://elearningindustry.com/elearning-trends-for-2019-8-top> (Дата обращения: 01.11.2019).
11. **Кузнецов В.В.,** Перспективы развития чат-ботов./ Успехи современной науки 2016, Том 8, №12
12. Чат-боты в электронном обучении. [Электронный ресурс]. URL <https://etu.ru/ru/on-line-obuchenie/dajdzhest-elearning/chat-boty-v-elektronnom-obuchenii> (Дата обращения: 01.11.2019).
13. **Щербаков В.** 6 принципов успешного микрообучения. [Электронный ресурс]. URL <https://edmarket.ru/blog/microlearning> (Дата обращения: 01.11.2019).
14. **Коптелов А.К.** Цифровые технологии изменяющие мир. [Электронный ресурс]. URL http://koptelov.info/publikatsii/digital_technology (Дата обращения: 01.11.2019).
15. **Уваров А.Ю.** Технологии виртуальной реальности в образовании. /Наука и школа., №4 2018, С.108-117
16. Интерактивное видео в онлайн-обучении: как применять? [Электронный ресурс]. URL <https://edmarket.ru/blog/interactive-video> (Дата обращения: 01.11.2019).
17. **Петрунева Р.М., Топоркова О.В., Васильева В.Д.** Учебное инженерное проектирование в структуре подготовки студентов технического вуза // Высшее образование в России. 2015. №7. С. 30-36.
18. **Амирджанова И.Ю., Виткалов В.Г.** Современное состояние развития геометро-рафической культуры и компетентности будущих специалистов // Вектор науки ТГУ. 2015. №2-2. С.26-31.
19. **Михелькевич В.Н., Москалева Т.С., Пузанкова А.Б.** Инженерно-графическая подготовка студентов на базе электронного учебно-методического комплекса // Вектор науки ТГУ 2014. №3. С. 314-317.
20. **Столбова И.Д., Шахова А.Б., Ширинкина М. А.** Информационные технологии в геометро-графическом образовании инженерных кадров // Инфоуро, 2018. С. 202-205.
21. Учебно-производственный центр ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ Чайковский URL: <https://tchaikovsky-tr.gazprom.ru/about/upts/> (Дата обращения: 01.11.2019).



Секция 6

**КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА
И 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ
В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ**

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ КУРСУ «ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ»

АННОТАЦИЯ

Рассматривается применение трехмерной графики при проведении лекционных и практических занятий по инженерной графике для формирования пространственного воображения у студентов первого курса и использование учебного пособия «Рабочая тетрадь по курсу инженерной графики» для успешного освоения учебного материала.

Ключевые слова – инженерная графика, структура, проведение занятий, трехмерная графика

1. ВВЕДЕНИЕ

В процессе обучения студентов, а также в результате этого обучения преподаватели должны сформировать у слушателей такие компетенции как:

- готовность использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации;
- готовность работать с компьютером как средством управления информацией способен работать с информацией в глобальных компьютерных сетях способен понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе [2].

Исходя из этого, процесс преподавания предмета, который должен сформировать у студента способность мыслить пространственно, а так же представлять и прогнозировать результат решения задачи, применение компьютерных технологий в процессе образования выходит на передний план.

2. ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В КУРСЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ

2.1. Срок и форма представления

Современные компьютерные технологии предоставляют огромные возможности для развития процесса образования. Еще К. Д. Ушинский заметил: «Детская природа требует наглядности» [3]. Это утверждение актуально и при обучении в высших учебных заведениях.

При проведении лекций и практических занятий по дисциплине «Инженерная графика преподаватели сталкиваются с рядом трудностей, которые связаны с отсутствием графической подготовки у студентов в школе. Студенты испытывают те же труд-

ности, но к ним еще добавляются отсутствие пространственного воображения и представления объекта в пространстве, а тем более на плоском чертеже. Для них это становится почти неразрешимой задачей.

Трёхмерная графика - раздел компьютерной графики, посвящённый методам создания изображений или видео путём моделирования объёмных объектов в трёхмерном пространстве [1]. 3D-моделирование - это процесс создания трёхмерной модели объекта. Основной задачей 3D-моделирования является разработка визуального объёмного образа желаемого объекта. При этом, модель может, как соответствовать объектам, так и быть полностью абстрактной

Мультимедийные технологии дают возможность создать психологическую установку не только на изучение материала, но и на развитие навыков наглядной информации. Качество восприятия информации, развитие пространственного мышления повышается при создании объёмного графического образа, ведь адекватное восприятие способствует пониманию и успешному усвоению материала. Об этом упоминал в свое время и Г. Монж. Развитое пространственное воображение пригодится для освоения многих профессий, где нужно уметь представлять технические объекты, менять в воображении их образы, сопоставлять их.

Для того, чтобы процесс обучения был максимально облегчен, для понимания и привыкания студентов к работе с графическими объектами и с чертежами в дальнейшем, были созданы «Рабочие тетради» для программ объемом в один и два семестра.

Эти тетради, в которых работают студенты, дают возможность и на лекциях, и на практических занятиях оптимизировать время, отведенное на занятие или лекцию. Кроме того, позволяют представить образ детали, которую необходимо начертить, так как большинство сложных задач снабжены трехмерным изображением. Это дает возможность уменьшить время, затрачиваемое преподавателем, направленное на то, чтобы донести до студентов информацию о форме детали.

Чтение лекций с использованием мультимедийных технологий и «Рабочей тетради» сводится к демонстрации и к комментариям заранее подготовленных трехмерных моделей по тематике лекции. По такому же принципу строится проведение практических занятий.

Для того, чтобы студенты могли представить и понять форму детали, а также мысленно увидеть поверхности, которые существуют в окружающем мире, преподаватель показывает на экране цветную геометрическую модель, поворачивая ее изображение на экране. Таким образом, представив и оценив поверхности, студент с большим пониманием работает над ее изображением на чертеже, ему уже не мешает неуверенность в своих силах, а красочное изображение на экране приносит еще и эстетическое удовлетворение.

По каждому из разделов, которые изучаются в курсе «Инженерной графики», в «Рабочей тетради» созданы страницы, которые предназначены для работы на лекциях или на практических занятиях. И даже на первой лекции, когда студенты еще не приобрели «Рабочую тетрадь» по курсу, приходится использовать трехмерные и аксонометрические изображения деталей для понимания формы и создания проекций объекта на чертеже.

Изучение курса начинается с самых элементарных изображений: точка, плоскость и детали, форма которых – комбинация плоскостей. Когда студенты видят изображение детали, им легче представить и определить, как расположены плоскости в пространстве. Качество усвоения материала повышается.

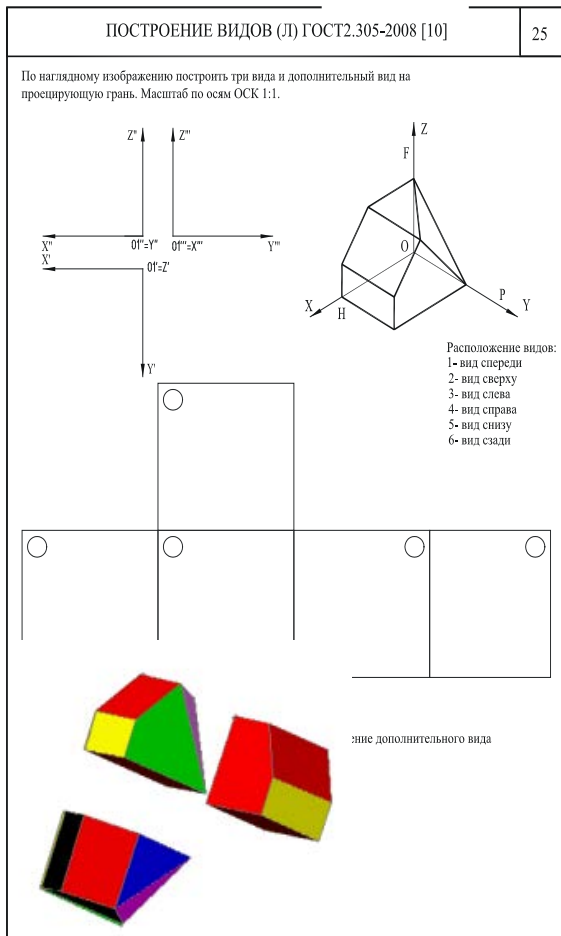


Рис. 1. Тема «Построение видов»

Когда изучение материала приходит к работе над проекциями поверхностей вращения и построению их линий пересечения с плоскостями, то демонстрация на лекциях и практических занятиях трехмерных изображений приносит еще больше пользы. Если дать изображение, например, сечений конической поверхности плоскостями и студент увидит, какие линии получаются в результате отсечения, то ему легче будет их построить и запомнить.

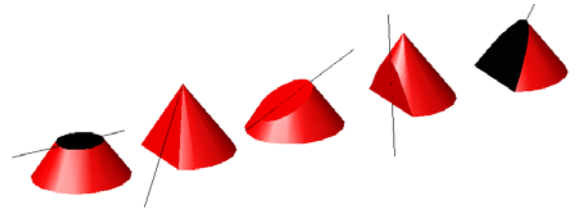


Рис. 2. Тема «Поверхности»

Еще труднее для понимания и работы для студентов тема «Пересечение поверхностей». При освоении этой темы без применения трехмерной графики на лекции и на практических занятиях не обойтись.

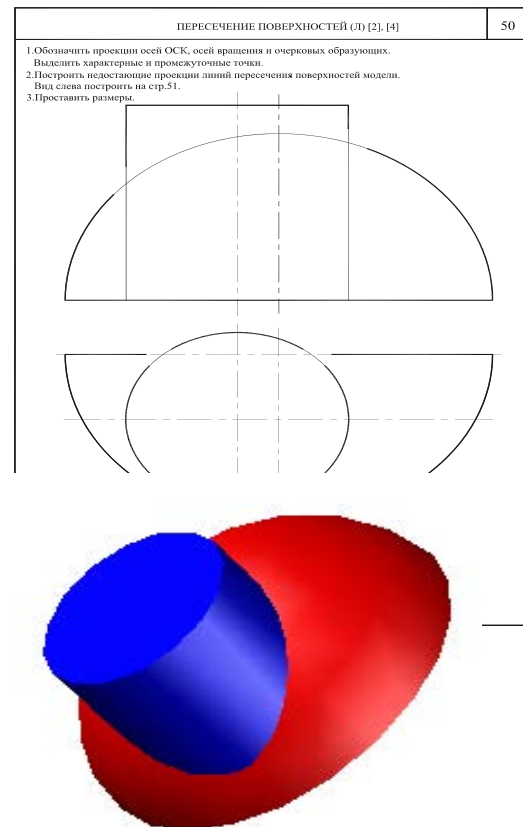


Рис. 3. Тема «Построение линий пересечения поверхностей»

Студентам без развитого пространственного воображения трудно понять, что изображено в задании на графическую работу, спрогнозировать ли-

нию пересечения поверхностей и результат решения задачи. После демонстрации модели процент студентов, которые понимают тему, увеличивается.

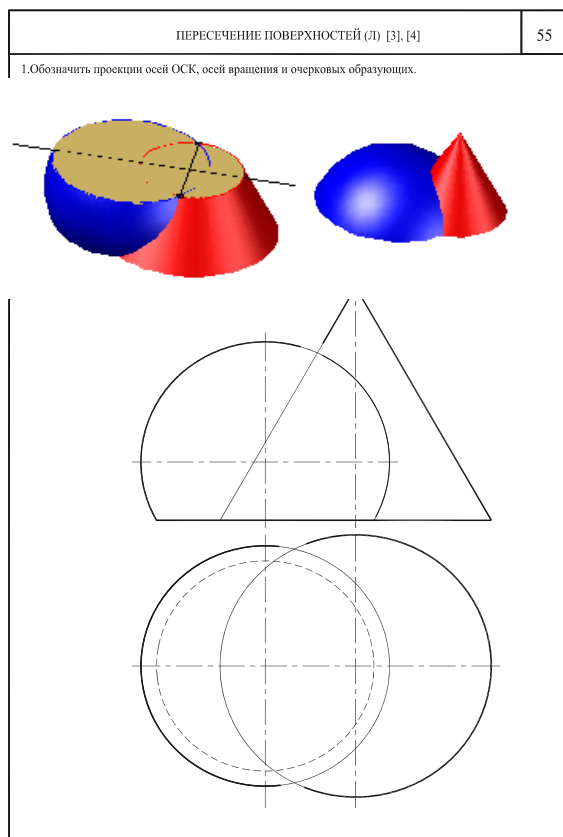


Рис. 4. Тема «Построение линий пересечения поверхностей»

По мере изучения курса сложность графических работ возрастает, лекции насыщаются информацией о таких категориях изображений как разрезы. При этом прогнозирование линий пересечения объектов при построении видов и разрезов увеличивается. И трехмерная графика помогает при работе, как на лекциях, так и на практических занятиях. Можно показать, как выглядит деталь на виде, а так же и на разрезе, продемонстрировать те линии пересечения поверхностей, которые получаются в результате комбинации поверхностей. Это очень облегчает работу и преподавателям, и студентам.

Более чем двадцати летний опыт преподавания курса компьютерной графики показывает, что наличие у студентов даже минимальных навыков трехмерного моделирования в среде САПР AutoCAD значительно упрощает понимание таких сложных тем, как пересечение поверхностей и разрезы, а, следовательно, способствует уверенному пониманию и правильности выполнения чертежей по темам. Наличие трехмерной модели в работах по пересечению поверхностей позволяет проверить правильность построенных студентами точек и линий пересечения. Это также касается и сложностей при выполнении темы разрезы.

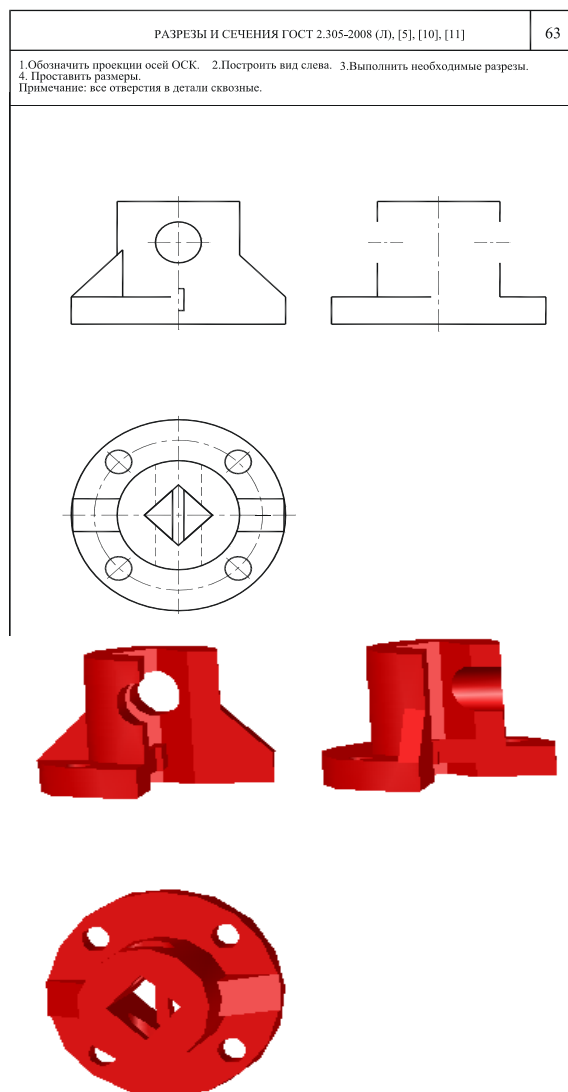


Рис. 5. Тема «Разрезы и сечения»

Как видно из рис. 5, самое главное в работе студента – это определить, какие поверхности ограничивают заданную деталь. Как только этот вопрос для него будет решен, строится модель в 3-х мерной графике, что существенно облегчает построение проекций, и выполнение работы в целом. Поскольку трехмерная модель формируется сочетанием базовых элементов формы, для которых в программе необходимо задать параметры, а так же размеры их взаимного положения, это позволяет студентам с уверенностью разобраться в теме параметризации графических объектов и оптимально проставить размеры на чертеже детали.

Когда студент самостоятельно строит трехмерную модель, составленную из базовых элементов формы, которую можно рассмотреть со всех сторон, покрутить, разрезать и увидеть результат, выполнение плоского изображения объекта не вызывает особых трудностей. По заверениям студентов, наличие трехмерной модели существенно упрощает выполнение чертежа, прогнозирование построения линий пересечения базовых поверхностей, формирующих деталь.

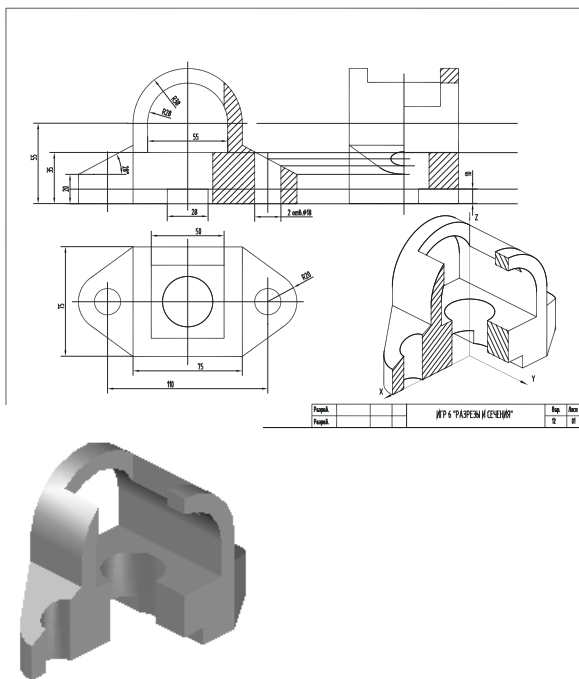


Рис. 6. Пример работы студента

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование «Рабочей тетради», синхронизированной с лекционным курсом, а также мультимедийных технологий на занятиях по курсу «Инженерной графики» позволяет студентам без особых затруднений читать чертежи деталей, с меньшими затратами прогнозировать проекции линий пересечения поверхностей, которые ограничивают деталь и, в конечном итоге, без особенных затруднений получить зачет.

Трёхмерная графика помогает при проведении практических занятий с применением AutoCAD. Изучение темы «Разрезы и сечения», если оно сопровождается построением трёхмерных моделей, походит с большой пользой и процент студентов, сдавших все задания в положенное время и получивших хорошие и отличные оценки на зачете, приближается к 90%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ли Дж., Уэр Б. Трёхмерная графика и анимация. - 2-е изд. М.: Вильямс, 2002. - 640 с.
2. Лейбов А.М., Каменев Р.В., Осокина О.М. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ 3D-ПРОТОТИПИРОВАНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5.;
3. Лейбов А.М., Каменев Р.В., Осокина О.М. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ 3D-ПРОТОТИПИРОВАНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5.;4. Суржиков С.Т. Перенос

излучением в неоднородных слоях // ТВТ. 1997. Т. 35. № 3. С. 35–38.

4. Горнов Александр Олегович. Элементы технической эстетики и эргономики: Учеб. пособие по курсу "Проектирование" / А. О. Горнов, М.А. Рашевская, С.И. Трофимченко; М-во общ. и проф. образования Рос. Федерации. Моск. энерг. ин-т (техн. ун-т). - М. : Изд-во МЭИ, 2002. - 37, [1] с. : ил., табл.; 20 см.; ISBN 5-7046-0447

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ AUTOCAD ПРИ ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются темы, касающиеся наиболее трудно осваиваемых элементов управления программы Autocad. Предложены возможные прикладные варианты использования таких инструментов, как поле, атрибут, извлечение и связь данных. Приведен план практического задания, в процессе выполнения которого раскрывается потенциал использования статических и динамических блоков, аннотативности, инструментов измерения, штриховок, извлечения свойств графических объектов пространства модели.

Ключевые слова – Autocad, динамические блоки, статические блоки, атрибут, извлечение данных, таблица, поле, определение площадей, аннотативность

1. ВВЕДЕНИЕ

Программа Autocad является одной из наиболее широко используемых при проектировании различных объектов САПР. Следовательно, освоение студентами данной платформы играет большую роль в достижении ими в будущем значительных результатов профессионально-трудовой деятельности.

С другой стороны тот факт, что знакомство с данной САПР в рамках университетского образования зачастую сводится лишь к приобретению учащимися знаний об основных примитивах, используемых для черчения, и наиболее распространенных командах и операциях, означает, что студенты оказываются не в состоянии оценить истинный потенциал Autocad, особенно применительно к своей специализации. Однако стоит обратить внимание также на тот аспект, что видение области профессиональной деятельности обычно складывается ближе к концу обучения, поэтому иллюстрацию возможностей данной программы по отношению к узко специализированным задачам целесообразно осуществлять на старших курсах; в то же время проработка основополагающих тематик (блоки, извлечение, связь данных, поля, персонализация шаблона и интерфейса, настройка печати и др.) допустима и ранее. Кроме того, такой подход позволит лучше усвоить полученные знания, так как периоды между освоением базовых принципов и углублённых разделов позволят отточить навыки работы с инструментами рассматриваемой программы.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ И РАЗДЕЛОВ, ВЫЗЫВАЮЩИХ

НАИБОЛЬШИЕ ТРУДНОСТИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ

С целью сбора статистики по уровню владения данной САПР в целом и отдельными функциями и инструментами среди студентов НИУ «МЭИ» был организован анонимный опрос. Это позволило получить сведения о том, как респонденты оценивают свои знания и чему они хотели бы научиться. Учащимся были заданы вопросы о том, насколько высоко они оценивают свой уровень использования Autocad, какие инструменты и функции задействуют при работе в программе и какие хотели бы освоить.

Результаты опроса показывают, что подавляющее большинство студентов считает, что они обладают знаниями начального уровня. Распределение ответов на вопрос «На Ваш взгляд, каков на данный момент Ваш уровень владения САПР Autocad?» представлено на рис. 1. Стоит отметить, что одним из вариантов ответа был также продвинутый уровень, который подразумевал под собой использование макросов, программирование в Autocad и т.д.; но никто из опрошенных не выбрал данный пункт.

Кроме того, был задан вопрос о способе печати, который используют респонденты: печать из пространства модели, печать из пространства листов, пакетная печать (варианты в порядке возрастания сложности освоения). 55 % опрошенных указали, что печатают с помощью листов, 30 % - из пространства модели; о владении пакетной печатью сообщили 5 % респондентов.

В качестве наиболее используемых на данный момент разделов по результатам опроса можно назвать статические блоки, слои и фильтры слоёв, мультилинии, шаблоны. Гораздо реже встречались такие ответы, как поля, динамические блоки, аннотативность, извлечение данных, связь данных Autocad – Excel, применение пользовательских псевдонимов, макросы, инструментальные палитры, параметризация, внешние ссылки. Соответственно, заинтересованность в изучении именно этих тем и показали респонденты при ответе на последний вопрос, о желаемых к приобретению навыках.

К числу наиболее трудно осваиваемых разделов, таким образом, можно отнести аннотативность, динамические блоки, поля, работу с извлечением и хранением данных и другие вышеназванные.

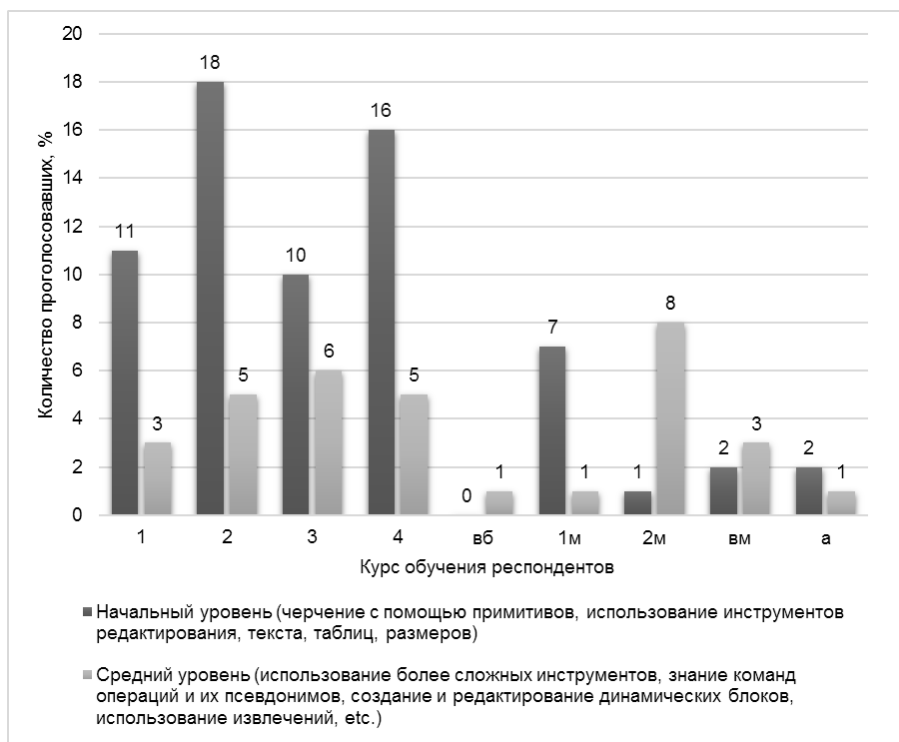


Рис. 1. Распределение ответов на вопрос об уровне владения рассматриваемой САПР, где 1-4 – ответы студентов 1-4 курсов обучения соответственно; вб, вм – ответы выпускников бакалавриата и магистратуры; 1м, 2м – ответы студентов 1 и 2 курса магистратуры; а – ответы аспирантов.

3. ВОЗМОЖНЫЕ ПРИКЛАДНЫЕ ВАРИАНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ РАССМАТРИВАЕМОЙ САПР

3.1. Принципы организации обучения

Обучение студентов было организовано в рамках курса «Информационные и компьютерные технологии в электротехнике», который входит в образовательную программу магистров кафедры Электроснабжения промышленных предприятий и электротехнологий.

При организации обучения предполагалось, что слушатели уже владеют Autocad на начальном уровне, то есть знакомы с инструментами рисования и редактирования, обладают опытом работы с текстовыми объектами, такими как таблицы, размеры, выноски.

На основании этих соображений и согласно данным опроса, описанного выше, были определены рассматриваемые разделы. Для ознакомления учащихся с функциональными возможностями обсуждаемой САПР были проведены лекции, посвященные таким темам, как конструирование динамических блоков, использование и создание инструментальных палитр, работа с полями, атрибутами блоков, извлечение и связь данных. Кроме того, были организованы практические занятия, направленные на закрепление приобретённых навыков, в ходе которых студентам необходимо было самостоятельно работать с платформой Autocad, руководствуясь указаниями преподавателя.

Один из немаловажных аспектов организации учебной работы – ориентация на специфику образо-

вательной программы. Кафедра выпускает профессионалов – электротехников, множество из которых выбирают своей сферой деятельности проектирование электрических сетей. Таким образом, при написании материалов к занятиям использовался подход, заключающийся в адаптации рассматриваемых инструментов Autocad к задачам инженера – электрика. Ниже подробно представлены потенциальные способы применения функциональных возможностей САПР в соответствии с поставленной целью.

3.2. Динамические блоки

Динамический блок – двумерный параметрический объект, содержащий правила и ограничения, которые управляют его внешним видом и поведением при вставке в чертёж или дальнейшем изменении [1].

При изучении данного раздела рассматриваются параметры и операции, заложенные разработчиками программы и определяющие процесс создания любого динамического блока.

Простейший пример, наглядно иллюстрирующий студентам принцип работы динамического блока, – рамка чертежа с основной надписью, позволяющая выбирать требуемые формат и ориентацию листа, таблицу основной надписи для первого или последующих страниц документации. Один из возможных вариантов реализации подобного блока: изменение таблицы основной надписи предлагается осуществлять с помощью параметра выбор и одноимённой операции; размер формата, указываемый под таблицей основной надписи, определить с помощью инструмента атрибут; к рамке формата применить линейные параметры высоты и ширины,

задать для них список значений согласно ГОСТ [2], проассоциировать с данными параметрами операции растягивания; в довершение воспользоваться операцией «Таблица свойств», создав в ней наборы значений атрибута и линейных параметров высоты и ширины.

Кроме того, заполнение основной надписи можно осуществлять с помощью атрибутов, полей, пользовательских свойств чертежа. Это позволит слушателям увидеть, как различные инструменты Autocad взаимодействуют между собой, создавая гибко редактируемые объекты графического пространства.

3.3. Аннотативность

Аннотативность – инструмент, позволяющий работать с «внемасштабными» объектами, то есть такими, которые должны сохранять свои размеры (например, высота текста) независимо от масштаба вида. Свойством аннотативности в графической среде Autocad могут обладать такие объекты, как однострочный и многострочный текст, размеры, выноски, атрибуты, штриховки и вхождения блоков.

При разработке задания учитывался тот факт, что при проектировании электрических сетей размеры зданий обычно определяются метрами, в то время как условные графические обозначения, например, розеток, задаются в миллиметрах (согласно нормативной документации). Поэтому для корректного отображения последних целесообразно создавать аннотативные блоки.

3.4. Атрибуты блоков

Атрибут представляет собой метку или тег для связывания с блоком каких-либо данных [3]. Информацию, хранящуюся в атрибутах чертежа, можно извлекать из чертежа и экспортировать в электронные таблицы или базы данных для создания различных спецификаций.

При рассмотрении раздела стоит уделить внимание созданию и редактированию атрибутов, их режимам. В качестве примера, иллюстрирующего студентам алгоритм работы с этим инструментом, можно привести процесс построения блоков различного оборудования и присвоения им видимых атрибутов маркировки или скрытых атрибутов, содержащих сведения о полном товарном наименовании, цене, производителе и так далее (которые в дальнейшем могут быть использованы для формирования спецификаций).

3.5. Извлечение данных чертежа, экспорт таблиц и связь данных Autocad – Excel

Эти три раздела целесообразно рассматривать совместно, так как хранение, импорт и экспорт данных неразрывно связаны.

Как уже было сказано ранее, информацию, содержащуюся в атрибутах и, кроме того, любые сведения о чертеже (о геометрии, свойствах файла и другие) можно извлекать и использовать во внеш-

них приложениях.

Демонстрация принципов работы с данными может быть осуществлена с помощью уже описанных блоков с атрибутами: сведения скрытых атрибутов в таком случае подлежат извлечению, экспорту во внешнюю среду (предположим, Excel) и дальнейшей обработке: например, расчёту стоимости по имеющимся данным о количестве и цене.

На основе взаимодействия Autocad и Excel могут быть созданы таблицы с двусторонней связью – автоматическое обновление значений происходит при редактировании в любой из программ.

3.6. Поля

Поля – объекты многострочного текста, которые автоматически изменяют своё содержимое в соответствии со связанными с ними значениями.

Поля могут быть использованы при заполнении таблиц, например, экспликаций помещений (если поле ссылается на текст в графическом пространстве, то при изменении этого текста значение поля также обновляется). Поля позволяют отображать сведения о геометрических свойствах объектов – периметре, площади, длине. Следовательно, этот инструмент является незаменимым для ускорения и автоматизации проектирования и оформления.

3.7. Описание практического задания

Таким образом, программа практического задания была разработана с целью показать то, что взаимодействие вышеперечисленных инструментов Autocad позволяет получить автоматизированные и гибко редактируемые объекты графического пространства.

Практическая работа была разделена на три этапа. Первый этап включал в себя:

- построение геометрии здания по заданным величинам;
- создание динамического блока силового оборудования, содержащего в себе несколько состояний видимости, отвечающих различным типоразмерам. Блоку необходимо было присвоить видимый атрибут обозначения типоразмера и скрытый атрибут наименования оборудования, соответствующего данному типоразмеру;
- создание аннотативных статических блоков условных графических обозначений вспомогательного оборудования (розеток, светильников); присвоение этим блокам скрытых атрибутов, соответствующих полным товарным наименованиям объектов;
- размещение полученных в предыдущих пунктах блоков на плане помещения;
- имитацию прокладки кабеля из единой точки, условно обозначенной как силовой щит – соединение этой точки полилинией с каждым экземпляром оборудования.

Второй этап был посвящён работе с импортом и экспортом данных с последующим формированием полуавтоматических спецификаций оборудования и кабельного журнала:

- требовалось произвести извлечение сведений о количестве единиц силового оборудования на чертеже и информации о наименованиях типов-размеров, содержащейся в скрытых атрибутах;
- выполнялось извлечение данных о вспомогательном оборудовании (то есть содержимого атрибутов блоков) и связь этой информации с заранее подготовленной таблицей в Excel, заполненной сведениями о цене единицы оборудования и производителе, с последующим экспортом полученной таблицы извлечения вновь в среду Excel для реализации расчётов. Полученная после всех этих операций итоговая таблица с вычисленной стоимостью оборудования была импортирована в AutoCAD для демонстрации двунаправленности потока информации, реализуемого на основе инструмента связь данных AutoCAD – Excel;
- осуществлялось извлечение данных о содержимом чертежа для получения упрощённого подобия кабельного журнала; необходимым условием корректного выполнения данного пункта являлось создание отдельного слоя с уникальным названием (марка и сечение) для каждого типа кабельной

продукции, условно отображаемого в графическом пространстве полилинией.

В рамках выполнения третьего этапа студенты могли оценить эффективность комбинирования различных функциональных возможностей рассматриваемой САПР:

- предполагалось создание аннотативного динамического блока маркера помещения, отражающего на плане наименование помещения и его площадь; при этом использовались такие инструменты, как аннотативность, атрибуты, параметры и операции динамических блоков, поля;
- осуществлялся расчёт площадей помещений без и с учётом размещённого оборудования с последующим формированием таблицы экспликации; в процессе выполнения данного пункта студенты применяли полученные знания о различных типах инструмента штриховка, полях, формулах и расчётах в среде AutoCAD, команде объединения областей графического пространства.

Один из вариантов исходных данных для выполнения практической работы представлен в табл. 1 – 4.

Таблица 1. Исходные данные о силовом оборудовании

Типоразмер	Наименование	Длина, м	Ширина, м	Марка питающего кабеля	Сечение питающего кабеля
T-1	Вентилятор	1,5	2	ВВГнг-LS	3x4
T-2	Фрезерный станок	3	1,5	ВБбШвнг-LS	4x25
T-3	Шлифовальный станок	2,5	3	АПвБбШп	4x10
T-4	Машина электросварочная	2	2	ПВГнг(А)-LS	4x16
T-5	Шкаф сушильный	4	2,5	КГВВнг-LS	3x6

Таблица 2. Исходные данные о помещениях

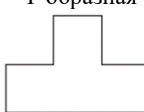
Конфигурация	Характеристики помещений				Вспомогательное оборудование. Тип светильника
	Наименование		Размеры		
			Длина, м	Ширина, м	
	1	Технологический комплекс	10	15	СЛС-1
	2	Калориферная	15	18	СЛЛ-2
	3	Цех регенерации отходов	28	12	СКС-1
	4	Компрессорная	17	11	СЛЛ-2
	5	Коридор	-	-	СКЛ-3

Таблица 3. Исходные данные о вспомогательном оборудовании (розетки)

Вспомогательное оборудование. Розетки			
Название	Наименование	Цена	Производитель
Розетка одинарная белая	BASIC 55 Розетка с заземлением в рамку белая	216	ABB
Розетка двойная белая	VALENA Розетка двойная с заземлением со шторками белая	677	Legrand
Розетка одинарная чёрная	Розетка Schuko со шторками винтовой зажим черный глянец	184	Simon
Розетка двойная чёрная	Розетка B59 CU C 3К 2 Я черный бархат	284	Schneider Electric

Таблица 4. Исходные данные о вспомогательном оборудовании (светильники)

Вспомогательное оборудование. Светильники				
Название	Обозначение типа	Наименование	Цена	Производитель
Светильник круглый светодиодный	СКС-1	Светильник 80034 Surface-Circular 18Вт 4000К 1440Лм светодиодный настенно-потолочный IP44	3106	LEDVANCE-OSRAM
Светильник круглый люминесцентный	СКЛ-3	Светильник ФПП-03-20-003 прозрачный с сеткой IP65	1674	General
Светильник линейный светодиодный	СЛС-1	Светильник СДСТ-21 потолочный для 2-х светодиодных ламп L=1200 мм IP54	1149	ЭЛИД Ростов-на-Дону
Светильник линейный люминесцентный	СЛЛ-2	Светильник ЛСП 78 2x36-01 люминесцентный опал IP54	1827	ПП"Дельта" С-Петербург

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОХОЖДЕНИЯ КУРСА

4.1. Планируемые результаты

Планировалось, что в процессе прохождения обучения – прослушивания лекций и выполнения практического задания, студенты ознакомятся на примерах, адаптированных к будущей профессии, с основными инструментами Autocad, позволяющими автоматизировать и ускорить процесс проектирования и оформления документации. Понимание принципа действия изученных функциональных возможностей позволит успешно использовать их в дальнейшей деятельности при решении различного рода задач, в том числе непохожих на те, с которыми слушатели столкнулись в ходе выполнения практической работы.

Предполагается, что освоение курса позволит приобрести навыки построения динамических блоков, формирования полуавтоматических спецификаций и экспликаций, кабельных журналов; измерения площадей и длин объектов и использования полученных данных для оформления чертежа.

4.2. Отзывы о прохождении курса

С целью получения обратной связи и дальнейшего совершенствования программы обучения среди студентов группы, прослушавших курс по Autocad, был проведён анонимный опрос.

Вопросы были посвящены оценке уровня владения САПР до прохождения курса, а также тому, какие функции программы, на взгляд респондентов, наиболее полезны в работе проектировщика, какие из них участники опроса уже освоили и чему хотели бы научиться.

67 % респондентов оценило свой уровень владения Autocad до знакомства с курсом как начальный, 33 % - как средний. Среди изученных и уже использовавшихся функций из предложенного списка в основном указали статические блоки и работу с инструментальными палитрами. Гораздо меньшее число участников отметило применение аннотативности, создание динамических блоков, управление данными (экспорт и импорт).

В числе инструментов, освоенных после прохождения курса на уровне, достаточном для дальнейшего самостоятельного использования, участники опроса указали динамические блоки, извлечение данных чертежа, связь данных Autocad – Excel, поля, аннотативность, работу с атрибутами блоков.

На вопрос о полезности и необходимости данного курса 100 % респондентов ответили утвердительно.

Кроме того, были собраны пожелания о разделах, необходимых, по мнению студентов, к включению в программу. Среди них наиболее часто встречаются макросы, знакомство с командами, псевдонимами и системными переменными Autocad, 3D – моделирование. Учащиеся выразили мнение, что требуется обучение грамотному подходу при работе с программой, оптимизации процесса проектирования в среде рассматриваемой САПР.

5. ВЫВОДЫ НА ОСНОВЕ ПРОДЕЛАННОЙ РАБОТЫ

Формирование материалов курса, организация учебного процесса и данные обратной связи, полученные из опроса, позволили вербализовать следующие выводы.

При написании материалов курса, как уже было сказано ранее, предполагалось, что учащиеся владеют первичными навыками работы со средой Autocad в силу того, что они на момент прохождения курса уже успешно освоили программу бакалавриата и, следовательно, обладают некоторыми компетенциями в своей профессиональной сфере. Но на практике оказалось, что некоторые студенты совершенно не знакомы с данной САПР. Это вызвало значительные трудности при их обучении и потребовало значительных усилий для освоения курса как со стороны учащихся, так и преподавателя.

С точки зрения приобретённого студентами опыта, результат проведения курса оправдал имеющиеся ожидания: по итогам опроса можно судить, что все навыки, упор на освоение которых был сделан при формировании программы, были успешно освоены.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время профессиональная деятельность многих специалистов, а особенно инженеров, неразрывно связана с использованием прикладного программного обеспечения. При этом совершенствование имеющихся сред и разработка новых происходят невероятными темпами. Поэтому для того, чтобы оставаться грамотным и востребованным специалистом, необходимо знать принцип работы различных САПР и уметь реализовать свои навыки.

Следовательно, можно сказать, что в данный момент крайне необходима информатизация образования, особенно инженерного. Внедрение в учебные программы разделов, посвящённых освоению САПР, причём, не только Autocad, но и многих других – Revit, Napocad и прочих, позволит сформировать у студентов навык работы в этих средах, который в дальнейшем они смогут совершенствовать самостоятельно.

С целью лучшего понимания принципов работы САПР необходимо адаптировать изучение их функциональных возможностей к специфике будущей профессиональной деятельности учащихся.

СПИСОК ОБОЗНАЧЕНИЙ

САПР – система автоматизированного проектирования

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Жарков Н.В.** Autocad 2019. Полное руководство СПб.: Наука и техника, 2019. 640 с.
2. **ГОСТ 2.301-68** Единая система конструкторской документации. Форматы. М.: Стандартиформ, 2007.4 с.
3. **Autodesk** Autocad 2019 User's guide. CA:Autodesk, Inc., 2019.

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

АННОТАЦИЯ

Данная статья рассматривает следующие темы: применение компьютерного зрения в инженерном образовании и исследование нейронной сети для распознавания элементов электрической схемы и её дальнейшей визуализации. Приведены результаты исследования зависимостей вероятности распознавания элементов электрической схемы от разных факторов. Показаны созданные 3D-модели.

Ключевые слова – компьютерное зрение, нейронная сеть, распознавание, элементы электрической схемы, обучение, 3D-модели, дополненная реальность, электротехника

1. ВВЕДЕНИЕ

Компьютерное зрение — научная дисциплина, которая изучает методы извлечения данных из изображения или видеопотока [1]. Данное понятие связано с двумя другими: обработка изображений и машинное зрение

Компьютерное зрение применяется широко как в относительно старых областях (например, управление мобильными роботами, промышленные средства наблюдения, военные приложения), так и в сравнительно новых (взаимодействие человек/компьютер, поиск изображения в цифровых библиотеках, анализ медицинских изображений, и реалистичная передача смоделированных сцен в компьютерной графике) [2].

Применяется компьютерное зрение в биометрии. Для распознавания людей может использоваться изображение лица, радужная оболочка глаза, отпечатки пальцев. Однако в основном компьютерное зрение занимается распознаванием лиц. С каждым годом эта технология работает все лучше и лучше.

Компьютерное зрение применяется для анализа текста как напечатанного, так и рукописного, а также для анализа других различных изображений.

Была поставлена задача создания приложения, распознающего элементы электрической схемы. Последующая визуализация элементов электрической схемы, измерительных приборов, а также физических процессов осуществляется с использованием технологии дополненной реальности.

2. ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ

Технология дополненной реальности успешно использует достижения компьютерного зрения. Дополненная реальность — это передовая технология, которая позволяет усовершенствовать промышленность, здравоохранение, коммерцию, индустрию развлечений и, что особенно важно, сферу образования.

Дополненная реальность, сокращенно AR, представляет собой совмещение реального мира и дополнительных данных, «вмонтированных» в поле восприятия. Усиление воздействия среды происходит через визуальные, слуховые, осязательные, соматосенсорные и обонятельные рецепторы. Например, мы находимся в историческом центре города, направляем камеру смартфона на достопримечательность, и на экране видим, как здание выглядело 100 лет назад, а через динамики слышим шум улицы прошлого. Так мы окунаемся в дополненную реальность [3].

Дополненная реальность может использоваться в инженерном образовании, например, для визуализации элементов электротехнического оборудования. Представьте, как «оживают» иллюстрации на бумажных страницах учебника по электротехнике или как превращается в виртуальную игру процесс создания электрической схемы.

Дополненная реальность дает возможность навести устройство с камерой на изображение, поверх которого будет нарисована 3D-модель. Перемещая смартфон вокруг модели можно рассматривать устройство с любого ракурса.

Ещё одним применением дополненной реальности является так называемое «оживление» рисунков, в частности, электрических схем. На первом этапе было разработано мобильное приложение, в котором, при наведении смартфона на схему трансформатора, отображается магнитный поток, возникающий при протекании тока через обмотку (рис.1). Результаты приведены в материалах Информинфо-2018 в докладе «Применение технологии дополненной реальности при изучении электротехники».

Ещё одним применением дополненной реальности является так называемое «оживление» рисунков, в частности, электрических схем. На первом этапе было разработано мобильное приложение, в котором, при наведении смартфона на схему трансформатора, отображается магнитный поток, возникающий при протекании тока через обмотку (рис.1). Результаты приведены в материалах Информинфо-2018 в докладе «Применение технологии дополненной реальности при изучении электротехники».

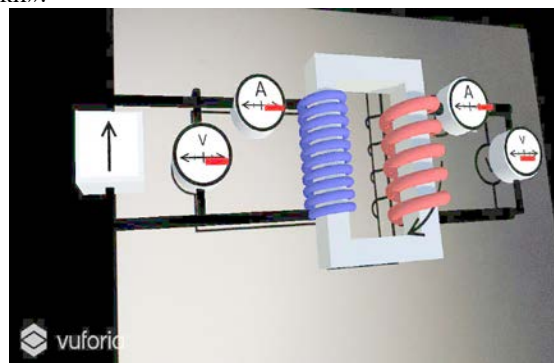


Рис. 1. Скриншот приложения

При создании приложения использовалась библиотека дополненной реальности Vuforia. Применение данной библиотеки требует создания специ-

альной метки, что ограничивает возможности распознавания элементов электрической схемы.

Данная работа является развитием предыдущей. Её особенностью является то, что будет происходить поиск похожих элементов и самообучение системы за счет применения нейронной сети. После распознавания элемента электрической схемы на рисунке, на экране будет появляться трехмерная модель этого элемента с требуемыми характеристиками.

3. ИСКУССТВЕННАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ

3.1. Нейросетевые технологии

Для реализации технологии дополненной реальности в настоящее время используются нейронные сети, которые решают широкий спектр задач, например, распознавание образов и их классификация, принятие решений и управление, кластеризация, прогнозирование, аппроксимация, сжатие и анализ данных. Это связано с тем, что искусственные нейронные сети могут работать с различными типами данных (аудио, видео, текст, изображения и т.д.).

Нейронные сети универсальные, поэтому их можно применить для распознавания разнообразных объектов. В частности была создана классическая нейронная сеть для распознавания элементов электрической схемы.

3.2. Слои нейронной сети

Нейронная сеть состоит из входного слоя, промежуточного и выходного. Количество узлов во входном слое зависит от способа представления данных, которые поступают на вход сети. Входными данными являются изображения 28x28 пикселей, следовательно, количество входных узлов равно 784, то есть каждый узел соответствует одному пикселю изображения (рис.2).

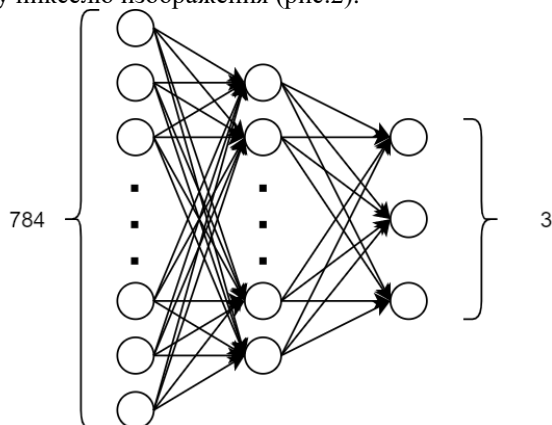


Рис.2. Структура искусственной нейронной сети

3.3. Функция активации

Одним из компонентов нейронной сети является функция активации, У каждого узла промежуточного слоя есть такая функция, она сопоставляет входной и выходной сигналы.

В созданной нами нейронной сети используется логическая сигмоида (рисунок 3), которая описывается формулой (1).

$$\sigma(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (1)$$

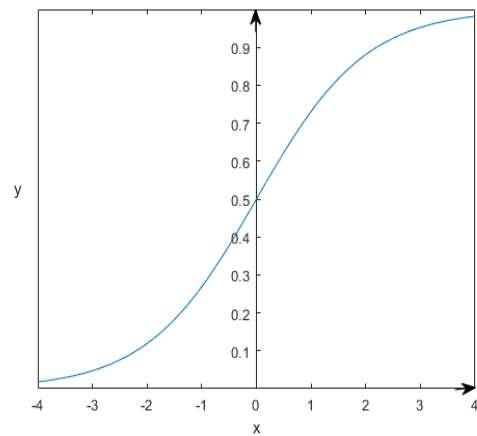


Рис. 3. График функции логической сигмоиды

Преимуществом данной функции является то, что она нелинейная. Ещё одним преимуществом является то, что область значений функций [0, 1], это исключает ошибки в случае больших значений функции активации.

3.4. Обучение нейронной сети

Для того, чтобы нейронная сеть могла распознавать изображение на картинке, её необходимо обучить. Обучение нейронной сети — это процесс, в котором параметры нейронной сети настраиваются посредством моделирования среды, в которую эта сеть встроена [4].

Процесс обучения происходит следующим образом: существует изображение с меткой, например, есть картинка с графическим обозначением конденсатора, у этого изображения будет метка. Далее это изображение подается на вход нейронной сети. После обработки, выходное значение сети сравнивается с меткой. Если текущий ответ нейронной сети неудовлетворителен, то происходит корректировка весовых коэффициентов связи. Корректировка будет происходить, пока ошибка по всем обучающему массиву не достигнет приемлемого значения. Схема обучения приведена на рис. 4.

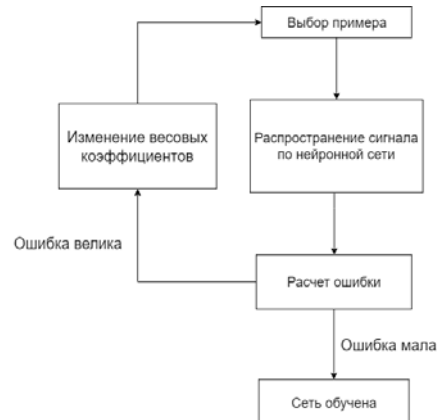


Рис. 4. Схема обучения нейронной сети

3.5. Программная реализация

В качестве основы взят программный код из открытого источника [5]. Используется язык программирования Python.

В данной программной реализации используется внешний пакет NumPy. Он позволяет эффективно обрабатывать большие массивы данных, а изображение является многомерным массивом.

Нейронная сеть представляется классом. В классе имеется метод инициализации, в котором происходит установка параметров нейронной сети: количества входных узлов, узлов промежуточного слоя и выходных узлов. Также создается матрица весов и задается функция активации нейрона.

Обучение сети происходит в отдельном методе. На вход метода подаются тренировочные данные. В начале алгоритма происходит прямой обход нейронной сети, где вычисляется матричное произведение входных значений и весовых коэффициентов. Эта взвешенная сумма поступает на вход активации. Далее производятся аналогичные действия только со скрытым слоем и выходным слоем. Следующий шаг: корректировка весовых коэффициентов.

Есть метод, который производит опрос сети, при котором на вход подаются тестовые данные. Метод возвращает значения нейронов в выходном слое.

Взаимодействие с пользователем происходит через консоль. Пользователь запускает программу и вводит команду, в которой указывается путь, по которому находится изображение. Программа выводит название элемента на экран (рис.5).

```
Нейронная сеть:  
load "path" загрузить изображение в HC  
exit выйти из программы  
>>load test\res\001.png  
На изображении - резистор  
>>
```

Рис.5. Скриншот консоли

В будущем планируется создать графический интерфейс.

4. ОПИСАНИЕ 3D-МОДЕЛИ

Важным этапом является визуализация элементов схемы. То, что будет отображаться зависит от того, насколько подробно нужно отразить ту или иную сторону объекта визуализации.

При наведении смартфона на схематическое обозначение резистора, нейронная сеть определяет резистор. Затем информация передается другой части программы, которая отвечает за отображение 3D-модели. 3D-модели были созданы в приложении Blender для создания трехмерной компьютерной графики.

Была создана простая 3D-модель резистора, которая представлена на рис. 6.

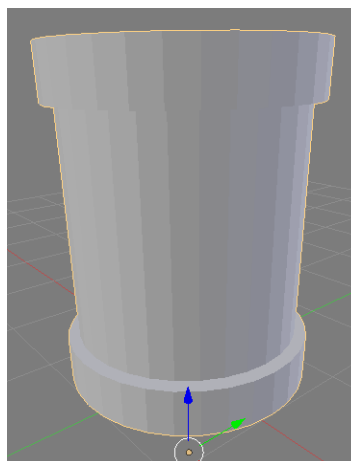


Рис.6. Демонстрация 3D-модели резистора

Для отображения напряжения на этом резисторе также была создана соответствующая 3D-модель цифрового вольтметра (рис. 7).

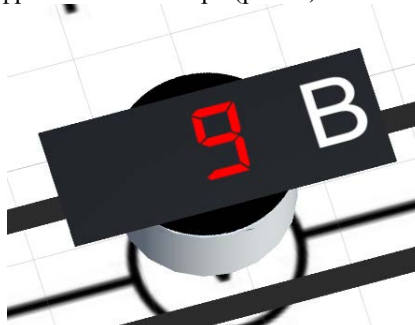


Рис.7 Демонстрация 3D-модели вольтметра

В визуализации источника питания была взята готовая 3D-модель батарейки (рис.8).

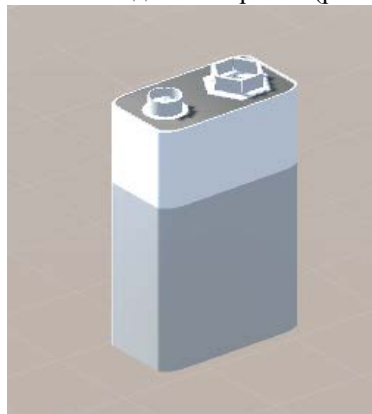


Рис.8 Демонстрация 3D-модели батарейки

5. ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

5.1. Описание эксперимента

Нейронная сеть должна распознавать элементы на электрической схеме. В настоящее время распознаются три элемента: конденсатор, резистор и ЭДС.

Одной из важных характеристик нейронной сети является вероятность распознавания объекта. Вероятность распознавания объекта — это отношение количества правильных ответов нейронной сети (n) к общему количеству экспериментов (2).

$$P = \frac{n}{N} \quad (2)$$

Значение этой вероятности зависит от количества узлов в слоях, количества эталонов в датасете, количества «эпох» и коэффициента обучения.

5.1. Результаты эксперимента

Для исследования зависимости вероятности распознавания объекта от количества обучающих изображений были выбраны тестовые датасеты, состоящие из 9 изображений, на каждом из которых находится конденсатор, резистор или ЭДС. Результаты эксперимента приведены в таблице 1.

Таблица 1. Зависимость вероятности распознавания от количества изображений в обучающем датасете

Количество обучающих изображений	Вероятность распознавания
18	0,444444
24	0,666666
30	0,777778
39	0,666666

График визуализации данных представлен на рис.9.

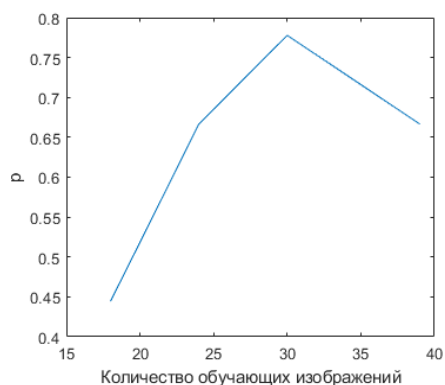


Рис. 9. График зависимости вероятности распознавания от количества изображений в обучающем датасете

Результаты зависимости вероятности от количества «эпох» при 39 обучающих изображениях, коэффициенте обучения 0,1 и 100 узлах в скрытом слое представлены в таблице 2. «Эпоха» — это один проход обучающих примеров через нейронную сеть. Количество «эпох» показывает сколько раз будет запущен алгоритм обучения.

Таблица 2. Зависимость вероятности распознавания от количества «эпох»

Количество «эпох»	Вероятность распознавания
1	0,555556
2	0,444444
3	0,555556
4	0,555556
5	0,666666
6	0,444444
7	0,666666
8	0,444444

График визуализации данных представлен на рис.10.

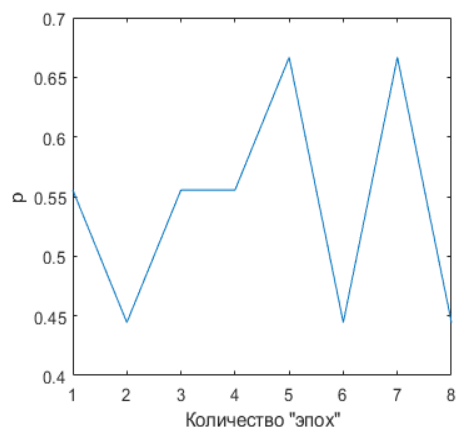


Рис. 10. График зависимости вероятности распознавания от количества «эпох»

Результаты зависимости вероятности распознавания от количества узлов в скрытом слое при 39 обучающих изображениях, коэффициенте обучения 0,1 и 5 «эпохах» приведены в таблице 3.

Таблица 3. Зависимость вероятности распознавания от количества узлов в скрытом слое

Количество узлов	Вероятность распознавания
50	0,444444
75	0,555556
100	0,666666
125	0,666666
150	0,666666
175	0,555555
200	0,666666
225	0,333333

График визуализации данных представлен на рис.11.

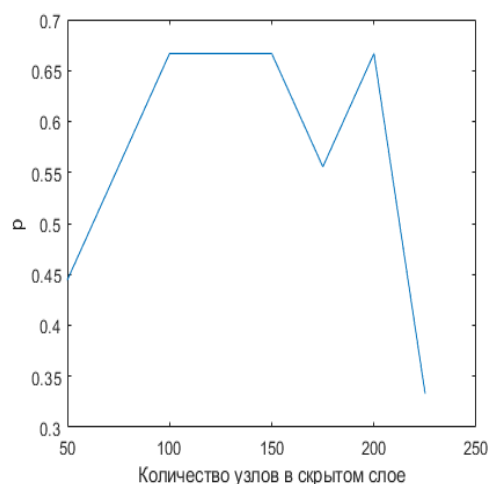


Рис. 11. График зависимости вероятности распознавания от количества «эпох»

Результаты зависимости вероятности распознавания от значения коэффициента обучения при 39 обучающих изображениях, 100 узлах в скрытом слое и 5 «эпохах» приведены в таблице 4.

Таблица 4. Зависимость вероятности распознавания от коэффициента обучения

Коэффициент обучения	Вероятность распознавания
0,1	0,777778
0,15	0,444444
0,2	0,555556
0,25	0,666666
0,3	0,666666
0,35	0,666666
0,4	0,666666
0,45	0,666666
0,5	0,666666
0,55	0,666666
0,6	0,666666

График визуализации данных представлен на рис.12.

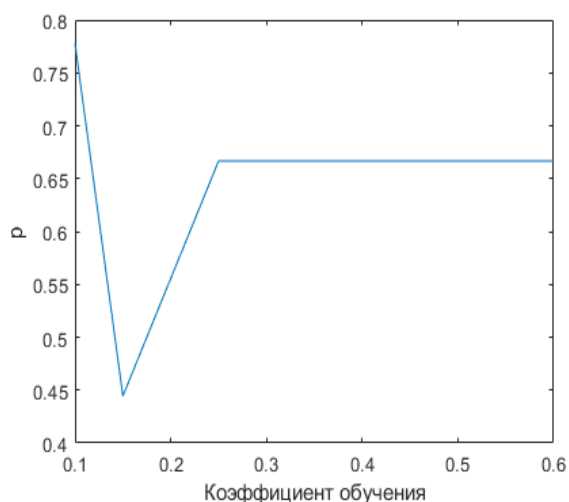


Рис. 12. График зависимости вероятности распознавания от коэффициента обучения

Максимальная вероятность распознавания 0,777778 наблюдалась в случаях для 30 и 35 обучающих изображений, 100 узлах в скрытом слое, коэффициенте обучения 0,1, количество «эпох» 5.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

После проведения первых тестирований нейронной сети выявлено, что сеть справляется с распознаванием изображений конденсатора, резистора и ЭДС в среднем в 50 процентах случаев. Важным фактом, который необходимо отметить, является то, что на этапе классификации образов огромную роль играет набор входных данных для процесса классификации. Если этот набор избыточный или, наоборот, недостаточный, то это также отражается на качестве распознавания. Поэтому в дальнейшем планируется оптимизировать количество обучающих примеров, а также расширить базу распознаваемых элементов: таких как индуктивность, источник питания и т.п.

Планируется исследовать другую архитектуру нейронной сети, например, сверхточную нейронную сеть.

После распознавания система будет передавать информацию об элементах на изображении электрической схемы для дальнейшей визуализации. На основе этих данных на экране будет сформирована 3D-модель соответствующего элемента и отображена требуемая информация.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Исследование** методов классификации коллекций цифровых изображений. [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL <http://masters.donntu.org/2014/fknt/muradina/diss/index.htm>.
2. **Компьютерное зрение.** Современный подход / Дэвид А. Форсайт, Джин Понс. М.: ООО И.Д. Вильямс, 2018. 960 с.
3. **Технология** дополненной реальности. [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL <https://rosuchebnik.ru/material/tehnologiya-dopolnnoy-realnosti/>.
4. **Обучение** нейронной сети. [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL <https://neuronus.com/theory/nn/238-obucheniya-nejronnoi-seti.html>.
5. **Тарик Р.** Создаем нейронную сеть. СПб.: ООО Альфа-книга, 2018. 208с.

КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ В КОРПОРАТИВНОЙ СРЕДЕ

АННОТАЦИЯ

Современный подход к проектированию ставит перед выпускниками технических вузов множество задач. Согласно ФГО - 3 выпускник должен, в частности, уметь работать в корпоративной среде, т.е. в составе коллектива исполнителей при проведении теоретических и экспериментальных исследований с целью разработки новых образцов и совершенствования существующих систем. В докладе представлены некоторые аспекты развития у студентов компетенций по проектированию в корпоративной среде.

Ключевые слова – инженерное образование, PLM – технологии, инженерная графика, геометрическое моделирование, учебная практика, компетенции

1. ВВЕДЕНИЕ

Повышение требований к новой технике приводит к усложнению задач формообразования. Задачи проектирования формы изделия и его составных частей оказываются связанными с моделированием процессов функционирования изделия на всех этапах его жизненного цикла. Возникающие здесь математические задачи – это, как правило, начально-краевые задачи. Результатом их решения являются различные физические поля: поля напряжений и перемещений при расчете динамики и прочности, поля скоростей и давления при расчете гидрогазодинамики, поля температур, электромагнитные поля и пр. Особую роль здесь играют граничные условия, которые определяются формой поверхности разрабатываемого изделия. Все чаще форма изделия не проверяется, а порождается расчетом. Это особенно заметно в аэрокосмической, автомобильной и энергетической отраслях.

2. ВНЕДРЕНИЕ PLM – КОМПЕТЕНЦИЙ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС

Разработка современных изделий машиностроения проводится в едином информационном пространстве, поддерживающем жизненный цикл при помощи компьютерных технологий, обозначаемых обычно аббревиатурой PLM. PLM – это аббревиатура английского термина Product Lifecycle Management, обозначающего промышленную информационную систему управления данными об изделии и связанными с ним процессами на протяжении всего жизненного цикла (рис.1). Развитие современных компьютерных технологий виртуальной разработки изделий машиностроения происходит в направлении создания программного комплекса

сквозного математического моделирования процессов изготовления, испытания и эксплуатации создаваемых изделий. Современные комплексы программ ведущих производителей, таких как Siemens NX, SolidWorks, MSC SimXpert представляют собой интегрированные системы, в которых электронные геометрические модели используются для построения электронных расчетных схем, а результаты численного моделирования, полученные по данным схемам, используются для уточнения геометрии модели. Широко внедряются средства многопараметрической оптимизации формы и размеров изделий на основе решения задач имитационного компьютерного моделирования изделий.

Поскольку для решения задач в такой среде должен существовать свой набор приемов и методов такой работы, то PLM – это и особая технология работы с данными [3].



Рис. 1 Основные этапы жизненного цикла изделия.

Одним из этапов жизненного цикла изделия является его проектирование, которое, как правило, выполняется коллективом единомышленников. В общем случае можно говорить, что корпоративная среда является основной формой организации коллектива. Так же можно утверждать, что данная среда является основным механизмом управления отношениями между участниками коллектива, направленными на выбор средств и способов достижения поставленной цели.

Компетенции в области проектирования – это взаимосвязь полученных теоретических знаний и практических навыков. Базовые компетенции: знать основные понятия о видах изделий; основные понятия о видах конструкторских документов; основные принципы организации интерфейса системы автоматизированного проектирования; правила ввода, обработки, хранения и передачи графической информации; правила выполнения электронных моделей деталей; правила выполнения чертежей деталей в системе автоматизированного

проектирования; правила вывода на печать (получение твердых копий) чертежей деталей; правила выполнения электронной модели сборочной единицы в системе автоматизированного проектирования; правила выполнения чертежей сборочной единицы в системе автоматизированного проектирования с автоматическим выполнением спецификации; правила выполнения технической документации.

Осуществление проектирования подразумевает проведение деятельности, направленной на поиск идеи, выполнение эскизного и рабочего проекта. Эта деятельность, как правило, сопровождается созданием цифрового макета и компьютерной электронной геометрической модели изделия [2].

При использовании инструментальной среды твердотельного параметрического моделирования основной начальной единицей является ЭГМ (электронная геометрическая модель) детали. Прежде чем переходить непосредственно к построениям, студенту необходимо четко представлять замысел проекта, который включает:

1. Типы представления формы изделия (каркасы, поверхности, тела)
2. Структурную схему модели детали, состав геометрических элементов и способ ее параметризации
3. Ограничения, которые учитываются при построении. Данные ограничения в пакете реализованы в виде геометрических и размерных зависимостей.

Основными требованиями к ЭГМ детали являются предсказуемость изменений геометрической формы ЭГМ детали при изменении значения одного или нескольких размерных зависимостей, а также соответствие модели требованиям стандартов ЕСКД.

Для выполнения указанных требований на кафедре предложена и внедрена в учебный процесс следующая стратегия построения ЭГМ.

На первом этапе на основе анализа исходных данных определяются геометрические элементы, из которых состоит деталь. Определение элементов происходит по геометрической форме и конструктивной принадлежности. Далее идет определение расположения элементов в модельном пространстве и определение размеров для моделирования. Таким образом, определяется состав ЭГМ детали, расположение и размеры элементов модели детали по исходным данным.

На втором этапе производится выбор операции для построения каждого геометрического элемента ЭГМ детали, затем определяется последовательность построения элементов.

На третьем этапе, на основе разработанной структуры выполняется построение ЭГМ средствами интерфейса системы.

Таким образом, с точки зрения работодателя, важно, чтобы выпускник мог уверенно работать над проектом изделия не только самостоятельно, но и в корпоративной среде, пользуясь различными

программами геометрического моделирования. Для ускорения конструкторского процесса специалист должен уметь использовать библиотеки и базы данных САПР, а также быстро находить необходимые комплектующие изделия от ведущих мировых производителей в сети Интернет.

Корпоративная среда позволяет сократить процессы проектирования за счет организации «групповой работы», где каждый знает свой участок работы и полностью отвечает за его компетентное и своевременное выполнение. Тренировка навыков корпоративной работы, при которой ответственность конкретного исполнителя, его компетенция, создают предпосылки для успешного завершения проекта, подталкивает студента к осознанию важности выполнения своего задания для всего коллектива. Все это определяет понимание необходимости глубокого изучения предмета для дальнейшей успешной профессиональной работы выпускника.

В современной практике обучения термин «профессиональная компетенция» чаще всего определяет способность студента выполнять поставленные задачи в соответствии с установленными стандартами.

Западноевропейские и американские специалисты характеризуют профессиональные компетенции как набор достаточных физических или интеллектуальных качеств, способностей, приобретенных опытным путем или в результате обучения, умение наиболее полно охватывать необходимые знания. При этом профессиональная компетенция может быть описана с помощью определенных стандартов поведения человека, так называемых «индикаторов». Правильно поставленный образовательный процесс позволяет развивать способности студента в полной мере.

Процесс образования зависит от множества факторов: количества представленной информации; условий усвоения предлагаемой информации; наглядности и интерактивности учебного процесса; заинтересованности обучаемого в использовании полученных знаний и умений; т. д.

Первой ступенью будущего специалиста в освоении необходимых профессиональных компетенций является школьное образование. Чем раньше начнется профессиональная подготовка, тем успешнее будет последующее обучение и работа в будущем. Школы, лицеи или гимназии должны заниматься «техническим образованием» ознакомительным образом и более глубоко на базе создаваемых «Технических классов». Учебные заведения среднего образования имеющие такие классы, даже на дополнительном уровне, проведя опросы среди родителей обучающихся выявили следующие результаты: в начале обучения 61 – 65% заявляли о необходимости данного класса, после второго года обучения уже 92 – 96% поддерживают «Технические классы». Полученные результаты позволяют делать определенные выводы. Одним из факторов позволяющих добиваться полученных

результатов является применение в обучении разработки «Инженерного проекта». Этот проект выявляет лучшие стороны в техническом творчестве школьников, определяет последующее развитие профессиональных компетенций будущего абитуриента.

Пройденная первая ступень, в техническом образовании полученная в школе, позволяет перейти на вторую ступень в развитии профессиональных компетенций студентов при разработке «коллективного инженерного творческого продукта». Формирование профессиональных компетенции — это результат умелого применения разных методов обучения в сочетании с конкретной ситуацией, способностями, ценностями и знаниями. Примером этого может быть успешное участие в команде, где эффективно применяются такие методы, как: интервьюирование с целью оценки работы, проведение рабочих совещаний, предоставление «обратной связи», управление исполнением. Студенческая группа целиком привлекается к разработке и моделированию проекта с использованием тех графических пакетов, которые используются на выпускающих кафедрах в МГТУ им. Н.Э. Баумана (КОМПАС 3D, Inventor, SolidWorks, NX) [4].

Работа в группе образует большой кластер компетенций необходимый при создании творческого инженерного продукта. Базовые элементы компетенции могут включать в себя обучение таким навыкам, как: принятие решений, процедуры, границы полномочий, передача отдельных решений другим исполнителям и т.д. Обучение отдельным элементам компетенции может включать обучение стандартам поведения, например, поиску информации и доходчивому сообщению решения исполнителям в коллективе[1].

Различные языки программирования и графические компьютерные пакеты определяют огромное количество вариантов выполнения поставленной задачи перед разработчиками. Представим создание некоторого произвольного объекта. Осмысление поставленной задачи, разбиение ее на составные части, применение и выбор необходимых информационных, математических пакетов, определение материалов и других составных элементов решения этой задачи в выбранной среде является лишь началом при проектировании. Выбор конкретного графического пакета или даже нескольких наиболее подходящих для решения задачи это только один из этапов работы. Например пространный пакет Inventor или SolidWorks, инженерный анализ, расчет допустимых нагрузок и цифрового производства пакет CATIA использующих концепцию PLM в системах SIMULIA и DELMIA, создающих режим коллективной работы в реальном времени, выполнение конструкторской документации в пакете КОМПАС, как наиболее оптимального и

отвечающего требованиям ГОСТа. Поэтому коллектив разработчиков, а в нашем случае студентов, разбивается на группы, которые наилучшим образом смогут справиться с выполнением поставленного задания. «Нельзя объять необъятное» - этот афоризм полностью соответствует коллективному творчеству и решению поставленных задач.

Формирование компетенции в области коллективного творчества позволяет соединить и использовать на практике все элементы – знания, навыки, ценности, способности, опыт. Профессиональные компетенции дают плодотворную модель для обучения и развития студентов.

Таким образом, корпоративная обучающая среда может быть основной формой самоорганизации учебного коллектива в достижении поставленной цели. Она является основным механизмом управления взаимоотношениями между обучающимися для достижения максимального результата.

Все домашние задания, рефераты, курсовые проекты выполняются студентами индивидуально, что правильно, т.к. студент отвечает за себя и свои знания. Но, с другой стороны, необходимо привлекать к коллективной работе, получению знаний совместно [5]. Такой план частично реализуется, в частности, при участии в студенческих конференциях, проводимых в МГТУ им. Н.Э. Баумана, где доклады студентов готовятся силами нескольких человек под руководством преподавателя. Но в конференциях участвуют лучшие и инициативные студенты. Можно не нарушая учебных планов, в рамках времени отведенного на самостоятельную подготовку выдавать студентам задания, для решения которых необходимо создать творческий коллектив.

В 2013-2019 г.г. в МГТУ им. Н.Э. Баумана был проведен такой эксперимент в рамках вычислительно – графической практики [3]. Устраивается творческое соревнование между двумя подгруппами одной группы студентов, обучающихся на кафедре «Аэрокосмические системы».

Как пример, в качестве творческой инженерной задачи выдается задание на выполнение электронной модели космического научно-исследовательского комплекса, включающего в себя две орбитальные станции на орбитах Луны и Земли [6]. Оговаривается, что это задание не влияет на окончательную оценку по изучаемому курсу и выполняется в свободное от учебы время.

Студенты двух «конструкторских бюро» выбирают из своего числа руководителя проекта и исполнителей по разным направлениям проекта. Далее происходит компьютерное моделирование в корпоративной среде. Это вносит элемент коллективизма, здоровой конкуренции, позволяет

определить наиболее сильные стороны каждого студента и при возможности обратить внимание на упущения при изучении определенных дисциплин. Студенты выполняют проект самостоятельно, с минимальным контролем со стороны преподавателя.

В итоге выполняются достаточно квалифицированные проекты, со многими свежими и интересными идеями, которые в будущем, возможно потребуют реализации (рис.2).

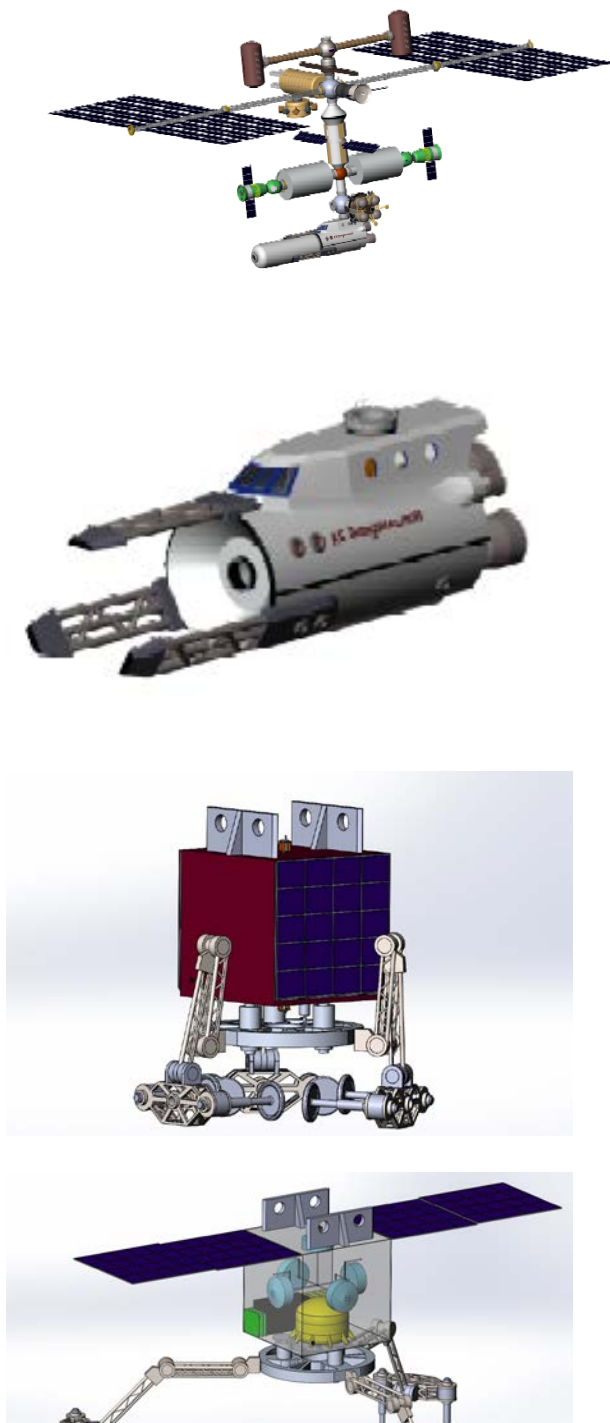


Рис. 2 Примеры студенческих проектов

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Компьютерное проектирование в корпоративной среде – наиважнейший аспект подготовки специалистов высокого уровня. Применяя при обучении различные формы и методы для раскрытия потенциала будущего специалиста можно создать конкурентно – способную среду, благоприятствующую наиболее полному использованию всех знаний, компетенций и умений при выполнении технических задач любой сложности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимофеев В. Н., Фазлулин Э.М., Яковук О.А. Компьютерное моделирование в свете проектной формы обучения // Автономная некоммерческая организация «Институт физико-технической информатики». Ситуационные центры и информационно-аналитические системы класса 4i для задач мониторинга и безопасности (SCVR1516) Труды Международной научной конференции. 2016. С. 185-188
2. Мартишкин В.В., Фазлулин Э.М., Яковук О.А. О совершенствовании преподавания инженерной графики в условиях 21 века // Известия МГТУ "МАМИ". Научный рецензируемый журнал. – МГТУ "МАМИ". 2007. №2(4).
3. Зеленцов В.В., Суркова Н.Г., Минеев А.Б., Щеглов Г.А. Формирование PLM-компетенций при помощи вычислительно-графической практики // «Открытое образование» 2014.-№6.-с.72-79
4. Куропаткина О.В., Минеев А.Б. Методика освоения графического пакета "SolidWorks" при моделировании сборочной единицы и выполнения чертежа общего вида // «Альманах современной науки и образования» 2015.- №9 .-С. 94-96
5. Хусендинов Т.Р., Полубинская Л.Г., Минеев А.Б., Жирных Б.Г. «Информационные технологии в геометро-графической подготовке студентов кафедры «Компьютерные системы автоматизации производства»// «Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук» 2017.-№2-2 .-С. 64-66
6. Единая система конструкторской документации (ЕСКД) ГОСТ 2.052-2013. Электронная модель изделия и общие положения. М.: Стандартиформ, 2013. 15с.



АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Агуреев И.А. 15
Александров А.А. 81

Б

Баронов О.Р. 19
Батасова В.С. 27
Белобородова Т.Л. 11
Белогловский А.А. 31
Боброва Т.А. 125
Борисова С.В. 134
Боровиков И.Ф. 11

В

Вихров М.Е. 129

Г

Геттингер А.А. 15
Горюнова И.А. 98
Горячкина А.Ю. 98
Гусев О.Ю. 67

Д

Дерюгина Г.В. 35
Джураева Е.В. 86
Дмитриевский А.С. 63
Дорохов Е.В. 102
Дуйшеналиев Т.Б. 92

Е

Еремеев А.А. 41
Еремеева В.И. 41
Еременко В.Г. 75

Ж

Журкин А.Н. 63

З

Захаров А.В. 67
Звонкова Н.В. 108
Зеленцов В.В. 139

И

Игнатъев Е.В. 35

К

Калинина Г.А. 45

Кандаурова Е.П. 57
Капитанова Е.А. 125
Князева Н.В. 112
Королев И.В. 108
Корягина О.М. 98
Крыжов Д.Л. 112
Кузнецова А.М. 129
Куриленко И.Е. 49

М

Минзов А.С. 19
Метт В.Д. 35
Микони С.В. 53
Минеев А.Б. 139
Мороховец Ю.Е. 45

Н

Невский А.Ю. 19
Никитина И.С. 102
Никонов И.Е. 49

О

Озерова Н.В. 108
Опарина Е.А. 117
Охотин В.С. 81, 86

П

Павлюк Е.Н. 139
Палий Н.В. 11
Подмазов Д.А. 92
Путилова И.В. 102

Р

Рашевская М.А. 63
Рыженков Н.С. 134
Рыжиков С.С. 15

С

Сенченкова Л.С. 11
Столбова И.Д. 117
Суркова Н.Г. 11

Т

Тохметова К.М. 71

У

Усманова Н.В. 112

Х

Хорев П.Б. 57
Хуснетдинов Т.Р. 98

Ц

Царев В.В. 81
Цой В.Э. 92

Ш

Щеглов Г.А. 139
Щеглов Е.Д. 75
Шиндина Т.А. 112
Щугорев В.Н. 92

Я

Яковук О.А. 139

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. ИНДУСТРИЯ 4.0, КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ И ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

<i>Белобородова Т.Л., Боровиков И.Ф., Палий Н.В., Сенченкова Л.С., Суркова Н.Г.</i> ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРЕПОДАВАНИИ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ	11
<i>Геттингер А.А., Рыжиков С.С., Агуреев И.А.</i> О НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМАХ ПРИ ОЦЕНКЕ ЗАЩИЩЕННОСТИ ИНФОРМАЦИИ ОТ УТЕЧКИ ПО КАНАЛУ ПЭМИ	15
<i>Минзов А.С., Невский А.Ю., Баронов О.Р.</i> ТЕХНОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ДЕЛОВЫХ ИГР ПО ОБУЧЕНИЮ МЕТОДАМ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЕ КАФЕДРЫ БИТ	19

Секция 2. ИНФОРМАЦИОННОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

<i>Батасова В.С.</i> АНАЛИЗ ОБЪЕКТИВНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕСТИРОВАНИЯ ЗНАНИЙ	27
<i>Белогловский А.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ- ЭНЕРГЕТИКОВ	31
<i>Дерюгина Г.В., Игнатъев Е.В., Метт В. Д.</i> УЧЕБНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КАДАСТР»	35
<i>Еремеев А.А., Еремеева В.И.</i> ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ BIG DATA И ХРАНИЛИЩ ДАННЫХ	41
<i>Калинина Г.А., Мороховец Ю.Е.</i> АСИНХРОННЫЕ КОМПОНЕНТНЫЕ СХЕМЫ	45
<i>Куриленко И.Е., Никонов И.Е.</i> РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМ	49
<i>Микони С.В.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ЛПР ПРИ РЕШЕНИИ РЕЙТИНГОВОЙ ЗАДАЧИ	53
<i>Хорев П.Б., Кандаурова Е.П.</i> РАЗВИТИЕ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ANDROID	57

Секция 3. ИТ В ИНЖЕНЕРНЫХ РАСЧЁТАХ И ПРОЕКТИРОВАНИИ ОБЪЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ЭНЕРГЕТИКИ

<i>Дмитриевский А.С., Журкин А.Н., Рашевская М.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ИТ ПРИ ИЗУЧЕНИИ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОСВЕЩЕНИЯ НА БАЗЕ ПРОГРАММЫ DIALUX	63
--	----

<i>Захаров А.В., Гусев О.Ю.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ОБЩЕЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ (СІМ) ДЛЯ ОБМЕНА ДАНЫМИ МЕЖДУ СИСТЕМОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕПЛОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ И ПРОГРАММНЫМ КОМПЛЕКСОМ PSS SINCAL	67
<i>Тохметова К.М.</i> СОЗДАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ САР ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ТРИПОД	71
<i>Щеглов Е.Д., Еременко В.Г.</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ БАТАРЕИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ С РЕГУЛИРОВАНИЕМ МОЩНОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ТИПА	75

Секция 4. ИТ В УЧЕБНЫХ, ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ

<i>Александров А.А., Охотин В.С., Царев В.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ ТЭС В УЧЕБНЫХ ЛАБОРАТОРИЯХ	81
<i>Охотин В.С., Джураева Е.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРАСЧЕТНОГО РЕЖИМА ИСТЕЧЕНИЯ ГАЗА С ТРЕНИЕМ ИЗ СУЖИВАЮЩЕГОСЯ СОПЛА В ЛАБОРАТОРИИ ТЕРМОДИНАМИКИ	86
<i>Щугорев В. Н., Дуйшеналиев Т. Б., Подмазов Д. А., Цой В.Э.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ВИДЕО И АСТІОН КАМЕР ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ И ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ КОЛЕБАНИЙ КОНСТРУКЦИИ В ЛАБОРАТОРИИ «МЕХАНИКА КОМПОЗИТОВ КАФЕДРЫ РМ и ДПМ»	92

Секция 5. ДИСТАНЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

<i>Горячкина А.Ю., Корягина О.М., Горюнова И.А., Хуснетдинов Т.Р.</i> ОНЛАЙН-КУРС «ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА» НА НАЦИОНАЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЕ ОТКРЫТОГО ОБРАЗОВАНИЯ	98
<i>Дорохов Е.В., Путилова И.В., Никитина И.С.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОГРАММАХ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ПРОИЗВОДСТВ	102
<i>Звонкова Н.В., Королев И. В., Озерова Н.В.</i> АНАЛИЗ РЕАЛИЗАЦИИ БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ В «НИУ «МЭИ» НА ПРИМЕРЕ ДИСЦИПЛИНЫ «БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ»	108
<i>Князева Н.В., Крыжов Д.Л., Усманова Н.В., Шиндина Т.А.</i> ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ СОПРОВОЖДЕНИЯ СЛУШАТЕЛЕЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ	112
<i>Опарина Е.А., Столбова И.Д.</i> ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ	117

Секция 6. КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА И 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Боброва Т.А., Капитанова Е.А.

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ТРЕХМЕРНОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ
КУРСУ «ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ» 125

Кузнецова А.М., Вихров М.Е.

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ
ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ AUTOCAD ПРИ ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ 129

Рыженков Н.С., Борисова С.В.

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ В ИНЖЕНЕРНОМ
ОБРАЗОВАНИИ 134

Щеглов Г.А., Минеев А.Б., Зеленцов В.В., Павлюк Е.Н., Яковук О.А.

КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ В КОРПОРАТИВНОЙ СРЕДЕ 139