



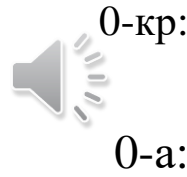
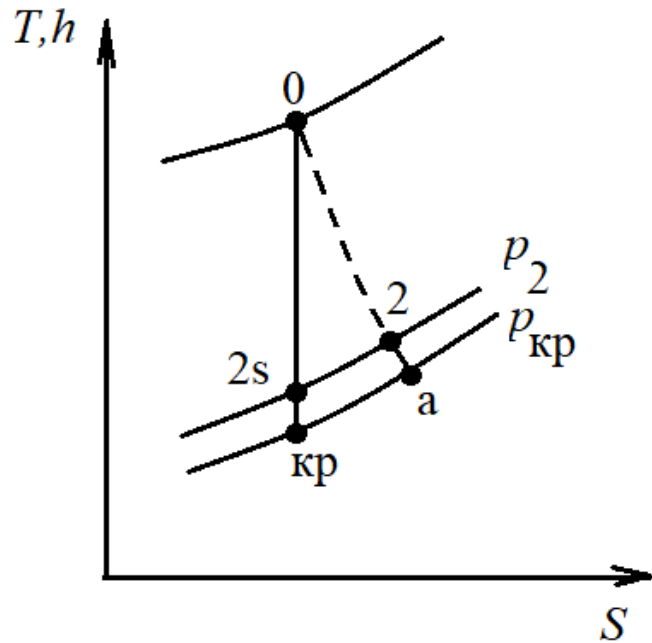
Докладчик:  
Екатерина  
Владимировна  
Джураева  
НИУ «МЭИ»

### Авторы:

Охотин Виталий Сергеевич

Джураева Екатерина Владимировна

*Национальный исследовательский  
университет «МЭИ»*



0-кр:  $pv^k = \text{const}$

0-a:  $pv^n = \text{const}$

0-кр:

$$\pi_{кр} = \frac{p_{кр}}{p_0} = \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} \quad (1)$$

$$T_{кр} = T_0 (\pi_{кр})^{\frac{k-1}{k}} \quad (2)$$

$$\varphi = w_a / w_{кр} \quad (5)$$

$$\varphi^2 = \frac{h_0 - h_a}{h_0 - h_{кр}} = \frac{1 - (\pi_{кр})^{\frac{n-1}{n}}}{1 - (\pi_{кр})^{\frac{k-1}{k}}} \quad (6)$$

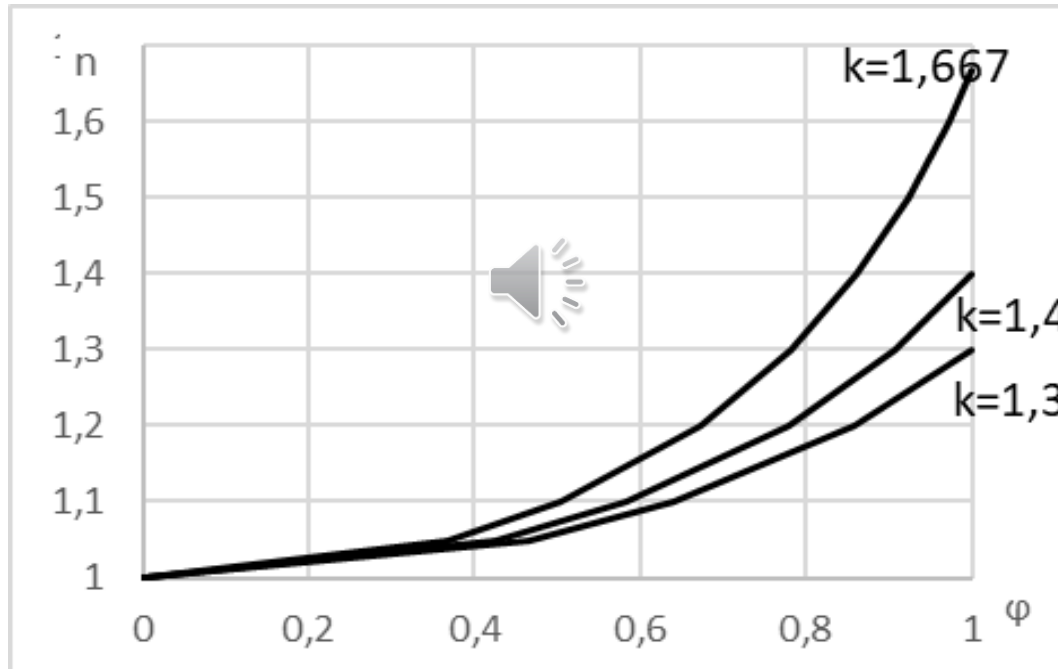
0-а:

$$\frac{p_a}{p_0} = \left( \frac{2}{n+1} \right)^{\frac{n}{n-1}} \quad (3)$$

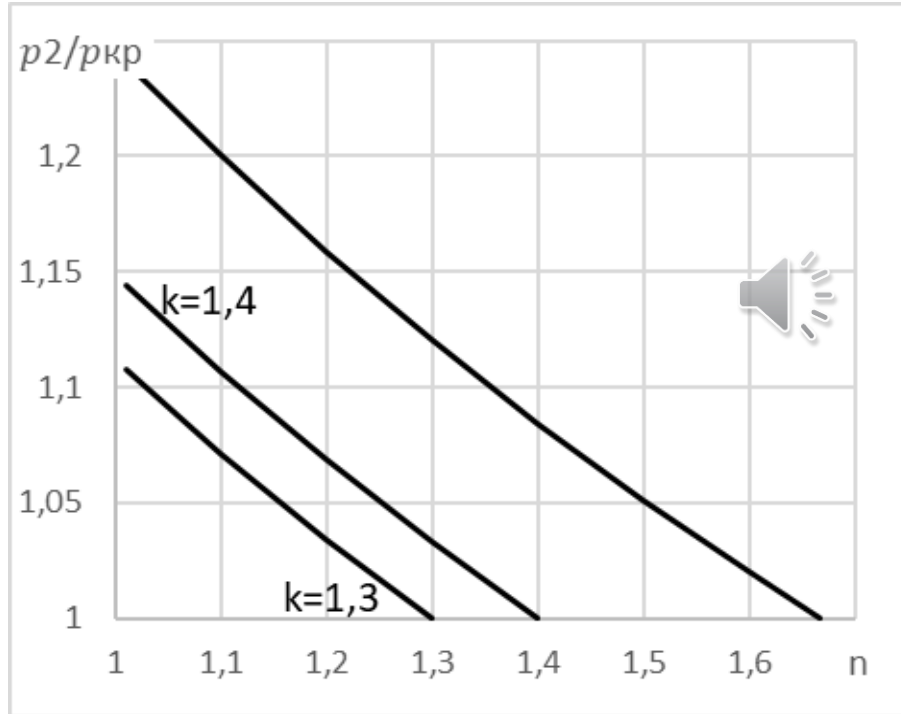
$$T_a = T_0 (\pi_{кр})^{\frac{n-1}{n}} \quad (4)$$

$$n = \frac{\ln(\pi_{кр})}{\ln \left( \frac{\pi_{кр}}{1 - \varphi^2 + \varphi^2 (\pi_{кр})^{\frac{k-1}{k}}} \right)} \quad (7)$$



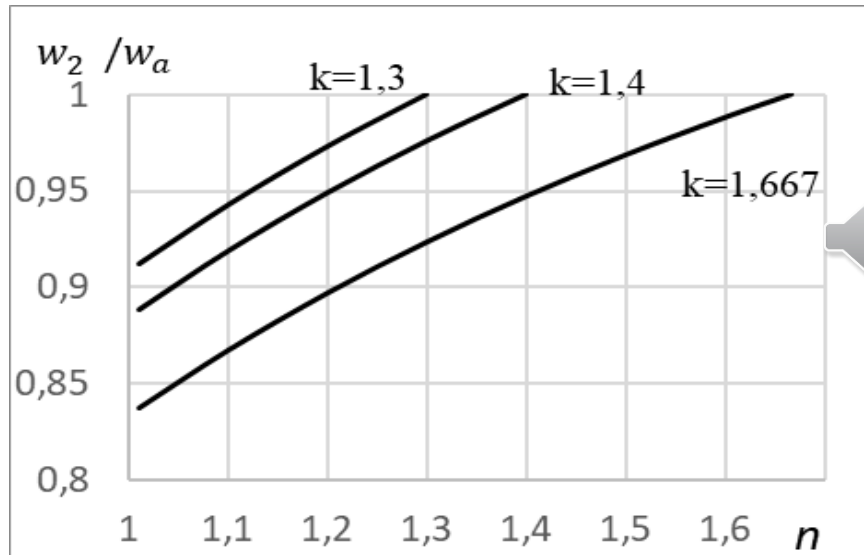


Москва, Россия  
14-17 апреля 2020 г.



$$\frac{p_2}{p_{кр}} = \frac{\pi_2}{\pi_{кр}} = \frac{\left(\frac{2}{n+1}\right)^{\frac{n}{k}}}{\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}}} \quad (8)$$

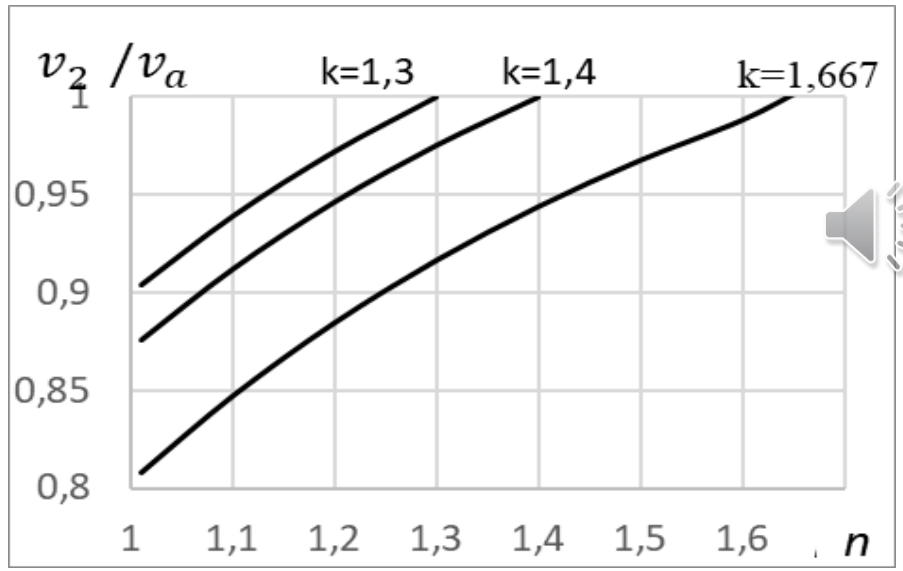
Москва, Россия  
14-17 апреля 2020 г.



$$w_a = \left[ 2 \frac{k}{k-1} RT_0 \left( 1 - \pi_{кр}^{\frac{n-1}{n}} \right) \right]^{1/2} \quad (9)$$

$$w_2 = \left[ 2 \frac{k}{k-1} RT_0 \frac{n-1}{n+1} \right]^{1/2} \quad (10)$$

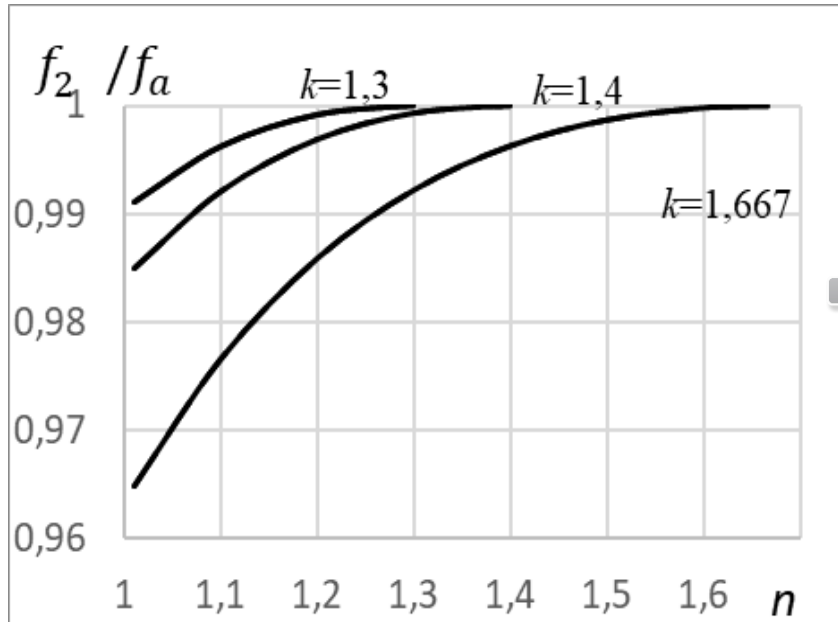
Москва, Россия  
14-17 апреля 2020 г.



$$v_2 = v_0 / \left( \frac{2}{n+1} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad (11)$$

$$v_a = v_0 / \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{n \cdot (k-1)}} \quad (12)$$

Москва, Россия  
14-17 апреля 2020 г.



$$\frac{f_2}{f_a} = \frac{v_2 W_a}{v_a W_2} \quad (13)$$



Москва, Россия  
14-17 апреля 2020 г.

Лабораторная работа №9

Национальный Исследовательский Университет МЭИ  
Кафедра Теоретических Основ Теплотехники

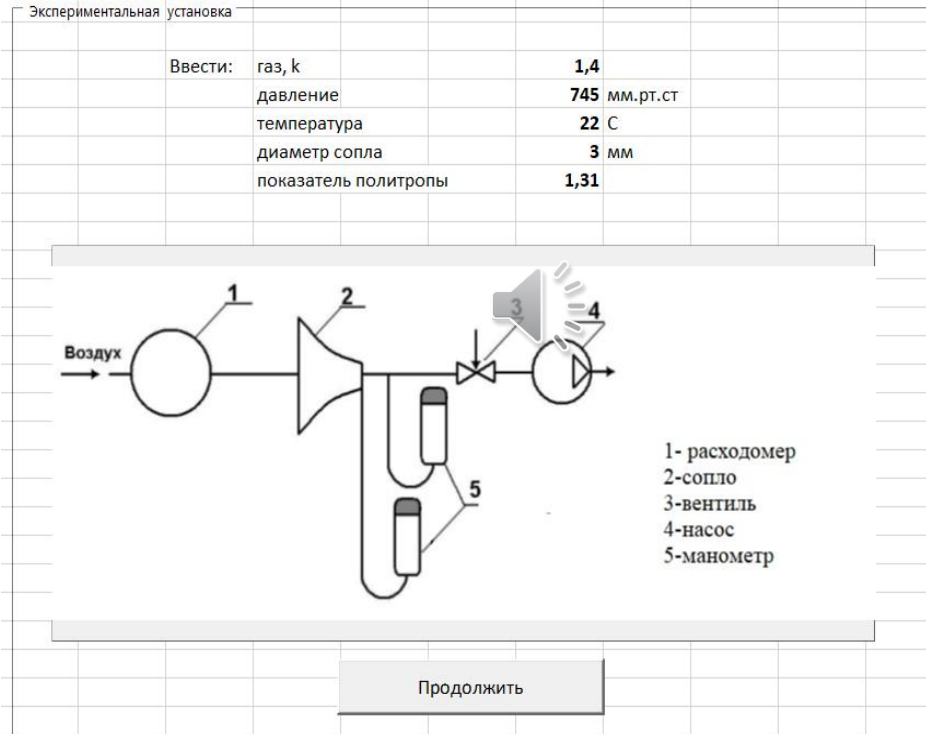
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИСТЕЧЕНИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА ИЗ СУЖИВАЮЩИХ СОПЛ

Введите:

номер группы	1
номер бригады	1

Продолжить

Москва, Россия  
14-17 апреля 2020 г.

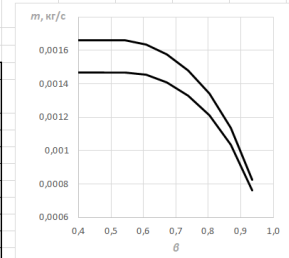


Москва, Россия  
14-17 апреля 2020 г.

Определение максимума расхода

Параметры полного адиабатного торможения				
р <sub>0</sub> , бар	T <sub>0</sub> , К	h <sub>0</sub> , кДж/кг	s <sub>00</sub> , кДж/кгК	s <sub>0</sub> , кДж/кгК
0,993252	295,15	295,30	6,6858	0,0796

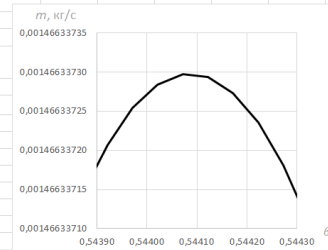
Параметры ИГ на выходе из сопла (k=const)									
№ опыта	р <sub>р</sub> , бар	β=р <sub>р</sub> /р <sub>0</sub>	р <sub>1</sub> , бар	s <sub>01</sub> , кДж/кгК	T <sub>1</sub> , К	h <sub>1</sub> , кДж/кг	w <sub>1</sub> , м/с	μ <sub>1</sub> , кг/с	ν <sub>1</sub> , м <sup>3</sup> /с
1	0,93	0,935	0,928	6,6663	289,66	289,79	104,9187018	0,00082736	
2	0,86	0,869	0,863	6,6455	283,66	283,77	151,8254488	0,00113698	
3	0,80	0,804	0,798	6,6230	277,32	277,41	189,1486637	0,0013398	
4	0,73	0,738	0,733	6,5986	270,58	270,65	222,0085953	0,00148047	
5	0,67	0,673	0,668	6,5720	263,39	263,44	252,4082041	0,00157588	
6	0,60	0,607	0,603	6,5426	255,69	255,69	281,4369099	0,00163416	
7	0,54	0,544	0,540	6,5110	247,56	247,57	308,9369742	0,00165921	
8	0,48	0,479	0,524	6,5025	245,41	245,42	315,8374307	0,0016609	
9	0,41	0,413	0,524	6,5025	245,41	245,42	315,8374307	0,0016609	
10	0,35	0,348	0,524	6,5025	245,41	245,42	315,8374307	0,0016609	



параметры действительного процесса на выходе из сопла (n=const)												
№ опыта	β=р <sub>р</sub> /р <sub>0</sub>	р <sub>1</sub> , бар	T <sub>1</sub> , К	h <sub>1д</sub> , кДж/кг	s <sub>01д</sub> , кДж/кгК	s <sub>1д</sub> , кДж/кгК	w <sub>1д</sub> , м/с	Φ	μ <sub>1д</sub> , кг/с	μ=μ <sub>1д</sub> /μ <sub>1</sub>	ν <sub>1д</sub> , м <sup>3</sup> /с	ν <sub>1</sub> , м <sup>3</sup> /с
1	0,935	0,928	290,46	290,5901	6,669682	0,083009	97,01146782	0,92463466	0,000763	0,922102	0,898379	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	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	1,008043
4	0,738	0,733	274,70	274,7898	6,613707	0,094738	202,5725887	0,91245381	0,001331	0,898785	1,075568	1,075568
5	0,673	0,668	268,73	268,7925	6,591682	0,099362	230,2251848	0,91211451	0,001409	0,89399	1,154544	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	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	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	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	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	1,357997

Уточнение максимума расхода

р <sub>1</sub> , бар	β=р <sub>р</sub> /р <sub>0</sub>	T <sub>1</sub> , К	h <sub>1д</sub> , кДж/кг	s <sub>01д</sub> , кДж/кгК	s <sub>1д</sub> , кДж/кгК	w <sub>1д</sub> , м/с	μ <sub>1д</sub> , 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



Москва, Россия  
14-17 апреля 2020 г.

Реализация модели истечения

Параметры в минимальном сечении

	ркр (p2), бар	сокр (s02s), кДж/кгК	Ткр (T2s), К	(h2s), кДж/кг	(w2s), м/с	soa (s02), кДж/кгК	sa (s2), кДж/кгК	Ta (T2), К	ha (h2), кДж/кг	wa (w2), м/с	Φ
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
δ, %	2,96	0,13	0,86	0,86	-2,14	0,13	-0,003628	0,69	0,69	-2,15	-0,01

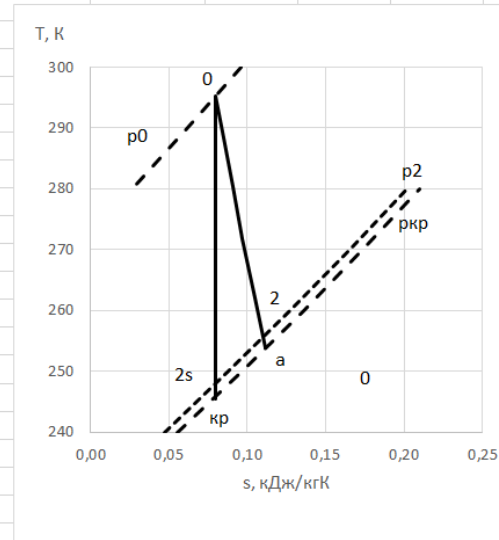
p2, бар	ркр, бар	Δp, %
0,540	0,525	2,96



V2, м3/кг	Va, м3/кг	Δv, %
1,358	1,389	2,20

w2, м/с	wa, м/с	Δw, %
281,85	288,04	2,15

процесс	p, бар	T, К	m, кг/с	μ	w, м/с	φ
0-2s	0,540	247,55	0,00165921	0,883756	308,96	0,912272
0-2		255,54	0,00146634		281,85	
0-кр	0,525	245,45	0,00166090	0,882857	315,72	0,912334
0-a		253,78	0,00146634		288,04	
δ, %	2,96			0,10		0,01



# Спасибо за внимание!

Контакты докладчика:



Екатерина  
Владимировна  
Джураева  
НИУ «МЭИ»  
e-mail [Dzhuraeva@rambler.ru](mailto:Dzhuraeva@rambler.ru)

