

Министерство образования Республики Беларусь  
УО «Полоцкий государственный университет»

Э.И. ГОНЧАРОВ, В.А. ЗАФАТАЕВ

## ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА

Методические указания  
к выполнению расчётно-графической работы  
для студентов специальности 70 04 02  
«Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна»  
очной формы обучения

Новополоцк  
ПГУ  
2010

УДК 536  
ББК

Одобрено и рекомендовано к изданию  
методической комиссией инженерно-строительного факультета  
в качестве методических указаний (протокол № \_\_ от \_\_\_\_\_ )

Кафедра теплогасоснабжения и вентиляции

Рецензенты:

зав. каф. теплогасоснабжения и вентиляции Т.И. КОРОЛЁВА  
к.т.н., доцент Ю.В. РАЗВАЛЯЕВ

Подготовлены в соответствии с учебным планом и программой курса  
«Техническая термодинамика» специальности 70 04 02 «Теплогасоснабжение,  
вентиляция и охрана воздушного бассейна» заочной формы обучения с  
использованием действующей учебной литературы.

© Гончаров Э.И., Зафатаев В.А., 2010  
© УО «Полоцкий государственный университет», 2010

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Техническая термодинамика» является теоретической основой и фундаментальной базой специальных дисциплин при подготовке инженера-строителя по специальности «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна», таких как «Строительная теплофизика», «Отопление», «Вентиляция», «Теплогенерирующие установки», «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение», «Теплоснабжение», «Газоснабжение».

Целью преподавания дисциплины «Техническая термодинамика» является подготовка инженеров-строителей, владеющих навыками грамотной эксплуатации современного теплового оборудования с целью интенсификации и оптимизации энерготехнологических процессов, максимальной экономии энергии, топлива и материалов, защиты окружающей среды от загрязнений её продуктами сгорания топлива.

В соответствии с требованиями к подготовке специалистов в области термодинамики инженер-строитель должен уметь: определять изменение рабочих параметров газов и паров, количество подведенной теплоты и совершенную работу в различных процессах с газами и парами; выполнять анализ работы компрессоров и тепловых двигателей, паросиловых и холодильных установок.

Самостоятельное выполнение расчётно-графической работы позволит студентам получить навыки применения методов теории технической термодинамики при решении инженерных задач.

В состав расчётно-графической работы входят следующие задачи:

1. Расчёт параметров цикла поршневого двигателя внутреннего сгорания.
2. Выбор параметров работы паросиловой установки.
3. Расчёт холодильной аммиачной установки.

Вариант задания на выполнение расчётно-графической работы выдаёт преподаватель – руководитель работы.

**Задача 1.** Расчёт параметров цикла поршневого двигателя внутреннего сгорания.

Для теоретического цикла поршневого двигателя внутреннего сгорания с изохорно-изобарным подводом теплоты определить параметры состояния,  $p$ ,  $v$ ,  $t$  характерных точек цикла, полезную работу и термический КПД по заданным значениям начального давления  $p_1$  и температуры  $t_1$ , степени сжатия  $e$ , степени повышения давления  $l$  и степени предварительного расширения  $r$ . Рабочим телом считать воздух, полагая теплоёмкость его постоянной. Изобразить цикл ДВС в  $p$ - $v$ - и  $T$ - $s$  - диаграммах (без масштаба). Определить также КПД цикла Карно, проведённого в том же интервале температур  $t_1 - t_4$ , что и цикл ДВС. Данные для решения задачи выбрать из таблицы 1.

Таблица 1

№ варианта	$p_1$ , кПа	$t_1$ , °C		$e$	$l$	$r$
		ТВ-1	ТВ-2			
1	98	30	35	13	1,6	1,4
2	96	25	33	14	1,5	1,4
3	97	27	15	15	1,7	1,3
4	98	17	24	16	1,4	1,6
5	100	25	14	17	1,5	1,6
6	96	30	16	18	1,6	1,3
7	97	40	19	19	1,7	1,2
8	98	27	22	16	1,5	1,4
9	96	17	24	18	1,6	1,3
10	95	40	32	16	1,5	1,5
11	95	12	26	12	1,7	1,2
12	99	15	18	15	1,4	1,5
13	101	22	28	14	1,5	1,6
14	102	18	23	17	1,6	1,3
15	98	21	34	18	1,7	1,4
16	96	32	40	13	1,5	1,2
17	99	35	20	12	1,4	1,3
18	100	33	25	18	1,7	1,5

19	97	25	17	12	1,6	1,2
20	95	24	14	18	1,5	1,4
21	98	14	25	14	1,4	1,3
22	101	16	20	16	1,6	1,5
23	99	19	30	13	1,7	1,6
24	96	29	21	17	1,4	1,3
25	102	24	17	12	1,5	1,5
26	98	16	19	15	1,7	1,2
27	95	18	34	18	1,5	1,4
28	100	20	22	14	1,6	1,6
29	99	23	18	16	1,4	1,3
30	96	34	21	13	1,7	1,4

**Задача 2.** Выбор параметров работы паросиловой установки.

Показать сравнительным расчётом целесообразность применения пара высоких начальных параметров и низкого конечного давления на примере паросиловой установки, работающей по циклу Ренкина, определив располагаемое теплопадение, термический КПД цикла и удельный расход пара для двух различных значений начальных и конечных параметров пара. Указать конечное значение степени сухости  $x_2$  (при давлении  $p_2$ ). Изобразить схему простейшей паросиловой установки и дать краткое описание её работы. Данные для решения задачи выбрать из таблицы 2.

Таблица 2

№ варианта	Параметры пара для I случая			Параметры пара для II случая			
	$p_1$ , МПа	$t_1$ , °С	$p_2$ , кПа	$p_1$ , МПа		$t_1$ , °С	$p_2$ , кПа
				ТВ-1	ТВ-2		
1	2,0	300	70	9,0	17,0	480	4,0
2	2,5	325	90	10,0	8,0	500	4,0
3	2,0	350	100	11,0	16,0	520	4,0
4	2,5	375	110	12,0	15,0	530	5,0
5	3,0	350	90	12,0	20,0	540	3,0

6	3,5	370	80	13,0	8,0	550	4,0
7	3,0	400	70	14,0	10,0	560	4,0
8	4,0	425	90	14,0	19,0	580	5,0
9	4,5	400	100	15,0	12,0	600	5,0
10	1,5	250	80	8,0	15,0	480	3,0
11	1,4	260	110	16,0	12,0	540	2,5
12	1,8	320	90	18,0	9,0	460	3,5
13	3,2	360	70	20,0	15,0	490	4,5
14	2,4	280	100	19,0	8,0	510	3,0
15	1,6	270	80	17,0	13,0	560	2,0
16	2,8	390	90	9,0	16,0	480	4,0
17	3,8	410	120	12,0	20,0	520	5,0
18	3,2	340	70	15,0	19,0	570	2,5
19	4,4	380	80	16,0	14,0	490	4,5
20	3,6	400	100	8,0	19,0	530	3,0
21	2,2	310	90	13,0	10,0	550	3,5
22	2,0	290	80	19,0	15,0	480	4,0
23	3,4	320	110	14,0	16,0	500	4,5
24	2,6	365	70	10,0	18,0	540	5,0
25	3,8	415	80	12,0	8,0	510	3,0
26	1,8	285	70	8,0	18,0	580	4,5
27	1,4	245	90	15,0	12,0	570	3,5
28	2,2	305	100	19,0	10,0	550	2,5
29	4,2	355	120	17,0	12,0	480	3,0
30	3,0	345	110	10,0	17,0	560	4,0

Указание. Задачу необходимо решить с помощью  $i-S$  – диаграммы.

### Задача 3. Расчёт холодильной аммиачной установки.

Определить холодильный коэффициент паровой аммиачной установки (с дросселем) по известной температуре влажного пара  $\text{NH}_3$  на входе в компрессор  $t_1$  и температуре сухого насыщенного пара  $\text{NH}_3$  за компрессором  $t_2$ . По заданной холодопроизводительности  $Q$  определить также массовый расход аммиака и теоретическую мощность привода компрессора. Изобразить схему установки и её

цикл в  $T-s$  - диаграмме. Данные для решения задачи выбрать из таблицы 3.

Таблица 3

№ варианта	$t_1, ^\circ\text{C}$		$t_2, ^\circ\text{C}$	$Q, \text{кВт}$
	ТВ-1	ТВ-2		
1	-15	-30	30	180
2	-20	-25	20	200
3	-25	-15	15	220
4	-20	-10	10	250
5	-25	-20	10	280
6	-20	-15	25	300
7	-15	-25	20	120
8	-10	-20	15	230
9	-15	-30	30	270
10	-10	-25	25	150
11	-30	-15	5	140
12	-15	-10	10	170
13	-25	-30	15	210
14	-10	-30	20	240
15	-30	-25	25	270
16	-20	-15	30	300
17	-15	-20	10	150
18	-10	-25	20	160
19	-20	-10	5	190
20	-15	-25	15	260
21	-25	-20	25	220
22	-10	-25	30	130
23	-30	-10	5	150
24	-25	-15	25	180
25	-15	-10	30	120
26	-10	-30	20	250
27	-30	-15	15	140
28	-10	-25	10	160
29	-25	-10	5	280
30	-15	-30	10	300

Указание. Задачу решить при помощи таблицы параметров насыщенного пара  $\text{NH}_3$ .

Таблица 4

Насыщенный пар аммиака  $\text{NH}_3$

$t, ^\circ\text{C}$	$p$	$v'$	$v''$	$s'$	$s''$	$i'$	$i''$	$r$
	МПа	$\text{м}^3/\text{кг}$		$\text{кДж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$		$\text{кДж}/\text{кг}$		
-30	0,1195	0,001476	0,963	3,660	9,249	282,2	1640,8	1358,6
-25	0,1516	0,001490	0,771	3,751	9,167	304,4	1648,3	1345,9
-20	0,1903	0,001504	0,624	3,841	9,090	327,4	1655,9	1328,5
-15	0,2364	0,001519	0,509	3,929	9,015	350,0	1662,6	1312,6
-10	0,2909	0,001534	0,418	4,016	8,944	372,6	1669,3	1296,7
-5	0,3549	0,001550	0,347	4,102	8,876	395,7	1675,1	1279,4
0	0,4294	0,001566	0,290	4,187	8,809	418,7	1681,0	1262,3
5	0,5157	0,001583	0,244	4,271	8,746	441,7	1686,4	1244,7
10	0,6150	0,001601	0,206	4,353	8,684	465,2	1691,1	1225,9
15	0,7283	0,001619	0,175	4,435	8,624	488,6	1695,7	1207,1
20	0,8572	0,001639	0,149	4,516	8,566	512,5	1699,4	1186,9
25	1,0027	0,001659	0,128	4,595	8,509	536,3	1703,2	1166,9
30	1,1665	0,001680	0,111	4,675	8,454	560,2	1705,7	1145,5
35	1,3499	0,001702	0,096	4,753	8,399	584,9	1708,2	1123,3
40	1,5544	0,001726	0,083	4,831	8,346	609,2	1709,9	1100,7