

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Тихоокеанский государственный университет»

Кафедра «Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция»

## ТЕПЛОФИЗИКА

Задания к контрольной работе и методические указания по ее выполнению  
для студентов направления 280700.62 «Техносферная безопасность»  
заочной формы обучения

Составитель: С. А. Псаров

Хабаровск  
ТОГУ-ЦДОТ  
2013

Контрольная работа состоит из пяти задач. Условия задач выбираются в соответствии с двумя последними цифрами учебного шифра (номера зачетной книжки). При решении задач для всех исходных и итоговых размерных величин должны быть указаны единицы измерения. Теплофизические свойства воды и водяного пара, а также цветную и черно-белую копии  $H-S$  диаграммы водяного пара приведены на сайте.

**Задача 1.** Смесь, состоящая из  $M_1$  киломолей азота и  $M_2$  киломолей кислорода с начальными параметрами  $p_1=1$  МПа и  $T_1=1000$  К, расширяется до давления  $p_2$ . Расширение может осуществляться по изотерме, адиабате и политропе с показателем  $n$ . Определить газовую постоянную смеси, ее массу и начальный объем, конечные параметры смеси, работу расширения, теплоту, участвующую в процессе, изменение внутренней энергии, энтальпии и энтропии. Дать сводную таблицу результатов и анализ ее. Показать процессы в  $pV$ - и  $Ts$ -диаграммах. Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из таблице 26.

Т а б л и ц а 26

Последняя цифра шифра	$M_1$	$M_2$	Предпоследняя цифра шифра	$p_2$ , МПа	$n$
	кмоль				
0	0,1	0,9	0	0,43	1,2
1	0,2	0,8	1	0,40	1,3
2	0,3	0,7	2	0,35	1,5
3	0,4	0,6	3	0,33	1,6
4	0,5	0,5	4	0,31	1,7
5	0,6	0,4	5	0,47	1,1
6	0,7	0,3	6	0,54	0,5
7	0,8	0,2	7	0,57	0,8
8	0,9	0,1	8	0,62	0,7
9	0,5	0,5	9	0,66	0,6

У к а з а н и е. Показать адиабаты, а следовательно, и теплоемкости  $c_p$  и  $c_v$  следует принять постоянными, не зависящими от температуры.

О т в е т и т ь н а в о п р о с: как зависит работа расширения от показателя политропы  $n$  и почему?

**Задача 2.** 1 кг водяного пара с начальным давлением  $p_1$  и степенью сухости  $x_1$  изотермически расширяется; при этом к нему подводится теплота  $q$ . Определить, пользуясь  $hs$ -диаграммой, параметры конечного состояния пара, работу расширения, изменение внутренней энергии, энтальпии, энтропии. Решить также задачу, если расширение происходит изобарно. Изобразить процессы в  $pV$ -,  $Ts$ - и  $hs$ -диаграммах. Исходные данные, необходимые для решения задачи, выбрать из таблицы 27.

Ответить на вопросы: в каком процессе ( $t=\text{const}$  или  $p=\text{const}$ ) при заданных  $x_1$ ,  $p_1$  и  $q$  работа будет больше и за счет чего? Упростятся ли расчеты процессов  $t=\text{const}$  и  $p=\text{const}$ , если конечная точка попадает в область влажного пара?

Т а б л и ц а 27

Последняя цифра шифра	$\rho_1$ , МПа	$x_1$	Предпоследняя цифра шифра	$q$ , кДж/кг	Последняя цифра шифра	$\rho_1$ , МПа	$x_1$	Предпоследняя цифра шифра	$q$ , кДж/кг
0	3	0,97	0	500	5	5,5	0,92	5	410
1	3,5	0,96	1	480	6	6	0,91	6	430
2	4	0,95	2	460	7	6,5	0,95	7	470
3	4,5	0,93	3	420	8	7	0,92	8	480
4	5	0,93	4	420	9	8	0,91	9	500

\* Методические указания к контрольным работам см. на с. 24.

**Задача 3.** Расход газа в поршневом одноступенчатом компрессоре составляет  $V_1$  при давлении  $\rho_1=0,1$  МПа и температуре  $t_1$ . При сжатии температура газа повышается на  $200^\circ\text{C}$ . Сжатие происходит по политропе с показателем  $n$ .

О п р е д е л и т ь конечное давление, работу сжатия и работу привода компрессора, количество отведенной теплоты ( в киловаттах), а также теоретическую мощность привода компрессора. Исходные данные, необходимые для решения задачи, выбрать из таблице 28.

Т а б л и ц а 28

Последняя цифра шифра	$V_1$ , м <sup>3</sup> /мин	$t_1$ , °C	Предпоследняя цифра шифра	Газ	$n$
0	20	0	0	Воздух	1,35
1	25	7	1	He	1,45
2	30	10	2	O <sub>2</sub>	1,32
3	35	12	3	N <sub>2</sub>	1,33
4	40	15	4	CO	1,35
5	45	17	5	N <sub>2</sub>	1,34
6	50	20	6	O <sub>2</sub>	1,29
7	55	22	7	He	1,5
8	60	25	8	CO <sub>2</sub>	1,28
9	65	30	9	Воздух	1,32

У к а з а н и е. При расчете принять:  $k = c_p/c_v = \text{const} \neq f(t)$ .

О т в е т и т ь н а в о п р о с ы: как влияет показатель политропы на конечное давление при выбранном давлении  $p_1$  и фиксированных  $t_1$  и  $t_2$  (ответ иллюстрируйте в  $Ts$ -диаграмме)? Чем ограничивается  $p_2$  в реальном компрессоре (кроме ограничения по максимально допустимой конечной температуре)?

**Задача 4.** Определить требуемую поверхность рекуперативного теплообменника, в котором вода нагревается горячими газами. Расчет произвести для прямоточной и противоточной схемы. Привести графики изменения температур для обеих схем движения. Значения температур газа  $t'_1$  и  $t''_1$ , воды  $t'_2$  и  $t''_2$ , расхода воды  $M$  и коэффициента теплоотдачи  $K$  выбрать из таблицы 29.

Т а б л и ц а 29

Последняя цифра шифра	$t'_1, ^\circ\text{C}$	$t''_1, ^\circ\text{C}$	$t'_2, ^\circ\text{C}$	$t''_2, ^\circ\text{C}$	Предпоследняя цифра шифра	$M, \text{кг/с}$	$K, \text{Вт/м}^2\cdot\text{K}$
0	300	150	10	80	0	1,4	30
1	325	175	15	90	1	1,3	32
2	350	200	20	100	2	1,2	34
3	375	225	25	110	3	1,1	36
4	400	250	30	120	4	1,0	38
5	425	275	25	130	5	0,9	40
6	450	300	20	140	6	0,8	42
7	475	325	15	130	7	0,7	44
8	500	350	10	120	8	0,6	46
9	525	375	20	110	9	0,5	48

О т в е т и т ь н а в о п р о с ы: какая из схем теплообменников (прямоточная или противоточная) имеет меньшую поверхность и почему? С какой стороны стенки необходимо ставить ребра, чтобы заметно увеличить теплопередачу?

**Задача 5.** определить индикаторную мощность  $N_i$  двухтактного двигателя внутреннего сгорания по его конструктивным параметрам и среднему индикаторному давлению. Значения диаметра цилиндра двигателя  $D$ , ход поршня  $s$ , угловую скорость коленчатого вала  $\omega$ , число цилиндров  $z$  и среднее индикаторное давление  $p_i$  выбрать из таблицы 30.

Т а б л и ц а 30

Последняя цифра шифра	$D$ , мм	$S$ , мм	$\omega$ , мин <sup>-1</sup>	Предпоследняя цифра шифра	$z$ , шт.	$p_i$ , кПа
0	80	97	1200	0	4	850
1	83	89	900	1	6	650
2	86	100	1500	2	6	780
3	80	80	1100	3	4	660
4	85	85	1000	4	4	750
5	90	100	800	5	6	780
6	93	105	2300	6	4	750
7	96	100	1700	7	8	860
8	100	118	1400	8	6	700
9	110	120	1900	9	8	800

О т в е т и т ь н а в о п р о с: чем отличаются процессы приготовления горючей смеси и ее воспламенения в карбюраторных и дизельных двигателях?

Справочные таблицы

1. Мольные теплоемкости газов по данным молекулярно-кинетической теории, кДж/(моль \* К)

Газы	$\mu_{c_v}$	$\mu_{c_p}$
Одноатомные	12,5	20,8
Двухатомные	20,8	29,1
Трех- и многоатомные	29,1	37,4

2. Средние изобарные мольные теплоемкости некоторых газов, кДж/(кмоль \* К)

t, °C	Воздух	Кислород O <sub>2</sub>	Азот N <sub>2</sub>	Водород H <sub>2</sub>	Водяной пар H <sub>2</sub> O	Окись углерода CO	Углекислый газ CO <sub>2</sub>
0	29,073	29,274	29,115	28,617	33,499	29,123	35,860
100	29,153	29,538	29,144	28,935	33,741	29,178	38,112
200	29,299	29,931	29,228	29,073	34,188	29,303	40,059
300	29,521	30,400	29,383	29,123	34,575	29,517	41,755
400	29,789	30,878	29,601	29,186	35,090	29,789	43,250
500	30,095	31,334	29,864	29,249	35,630	30,099	44,573
600	30,405	31,761	30,149	29,316	36,195	30,426	45,753
700	30,723	32,150	30,451	29,408	36,789	30,752	46,813
800	31,028	32,502	30,748	29,517	37,392	31,070	47,763
900	31,321	32,825	31,037	29,647	38,008	31,376	48,617
1000	31,598	33,118	31,313	29,789	38,619	31,665	49,392
1200	32,109	33,633	31,828	30,107	39,825	32,192	50,740
1400	32,565	34,076	32,293	30,467	40,976	32,653	51,858
1600	32,967	34,474	32,699	30,832	42,056	33,051	52,800
1800	33,319	34,934	33,055	31,192	43,070	33,402	53,604
2000	33,641	35,169	33,373	31,548	43,955	33,708	54,290
2200	33,296	35,483	33,658	31,891	44,853	33,980	54,881
2400	34,185	35,785	33,909	32,222	45,645	34,223	55,391