



Негосударственное частное образовательное учреждение
высшего образования
«Технический университет УГМК»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ
КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

ТЕПЛОТЕХНИКА

Специальность	<u>21.05.04 Горное дело</u>
Специализация	<u>Подземная разработка рудных месторождений</u>
Уровень высшего образования	<u>Специалитет</u> <i>(бакалавриат, специалитет, магистратура)</i>
Квалификация выпускника	<u>горный инженер (специалист)</u>

Автор - разработчик: Зубов В.В., канд. техн. наук, доцент

Рассмотрено на заседании кафедры механики и автоматизации технологических процессов и производств

Одобрено Методическим советом университета 30 июня 2021 г., протокол № 4

г. Верхняя Пышма
2021

Задания и методические указания к выполнению контрольной работы составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины «Теплотехника».

Контрольная работа является составной частью самостоятельной работы обучающихся дисциплине. Выполнение контрольных работ имеет целью закрепление обучающимися полученных на лекциях теоретических знаний и практического опыта, приобретенного на практических занятиях, путем самостоятельной работы.

Контрольные работы по дисциплине «Теплотехника» выполняются студентами очной и заочной формы обучения после изучения материала по всему курсу.

Контрольная работа №1 (к разделам термодинамики)

Методические указания по выполнению:

К решению задач контрольного задания следует приступать только после изучения соответствующего раздела курса. Только сознательное (не «механическое») решение задачи приносит пользу и помогает закреплению знаний. Перед выполнением контрольной работы рекомендуется ознакомиться с ходом решения аналогичных задач по учебной литературе. Следует стараться запомнить и примерные величины параметров задачи (исходных и вычисляемых); они также содержат полезную информацию.

Контрольные задачи составлены по стовариантной (численной) системе, в которой к каждой задаче исходные данные выбираются из соответствующих таблиц по **последней и предпоследней цифре шифра** (личного номера) студента. Вариант работы должен соответствовать шифру студента. **Работы, выполняемые не по своему варианту, не рассматриваются.**

При выполнении контрольных задач необходимо соблюдать следующие условия: а) выписывать условия задачи и исходные данные; б) решение задач сопровождать кратким пояснительным текстом, в котором указывать, какая величина определяется и по какой формуле, какие величины подставляются в формулу и откуда берутся (из условия задачи, из справочника или были определены выше и т.д.); в) вычисления производить в системе СИ, показывать ход решения, проставлять размерности.

После решения задачи нужно дать краткий анализ полученных результатов и сделать выводы. Всегда, если это, возможно, нужно осуществлять контроль своих действий и оценивать достоверность полученных численных данных.

Таблица 1

Предыдущая	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Последующая										
0	1 50 100	2 51 101	3 52 102	4 53 103	5 54 104	6 55 105	7 56 106	8 57 107	9 58 108	10 59 109
1	11 60 110	12 61 111	13 62 112	14 63 113	15 64 114	16 65 115	17 66 116	18 67 117	19 68 118	20 69 119
2	21 70 120	22 71 121	23 72 122	24 73 123	25 74 124	26 75 125	27 76 126	28 77 127	29 78 128	30 79 129
3	31 80 130	32 81 131	33 82 132	34 83 133	35 84 134	36 85 135	37 86 136	38 87 137	39 88 138	40 89 139
4	41 90 140	42 91 141	43 92 142	44 93 143	45 94 144	46 95 145	47 96 146	48 97 147	49 98 148	50 99 149
5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Предыдущая	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	100	52	54	56	58	60	62	64	66	68
	150	103	105	107	109	111	113	115	117	119
6	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88
	121	123	125	127	129	131	133	135	137	139
7	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	90	92	94	96	98	100	51	53	55	57
	141	143	145	147	149	148	102	104	106	108
8	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	59	61	63	65	67	69	71	73	75	77
	110	112	114	116	118	120	122	124	126	128
9	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
	79	81	83	85	87	89	91	93	95	97
	130	132	134	136	138	140	142	144	146	148

Перечень контрольных задач:

1. Во сколько раз изменится плотность газа в сосуде, если при постоянной температуре показание манометра уменьшится от $p_1 = 1,8$ МПа до $p_2 = 0,3$ МПа?

Барометрическое давление принять равным $0,1$ МПа.

$$\text{Отв. } \rho_2 = \frac{1}{6} \rho_1$$

2. В воздухоподогреватель парового котла подается вентилятором 130000 м³/ч воздуха при температуре 30 °С. Определить объемный расход воздуха на выходе из воздухоподогревателя, если он нагревается до 400 °С при постоянном давлении.

$$\text{Отв. } V = 288709 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

3. Определить массу кислорода, содержащегося в баллоне емкостью 60 л, если давление кислорода по манометру равно $1,08$ МПа, а показание ртутного барометра - 99325 Па при температуре 25 °С.

$$\text{Отв. } M = 0,91 \text{ кг}.$$

4. В сосуде находится воздух под разрежением 10 кПа при температуре 0 °С. Ртутный барометр показывает давление 99725 Па при температуре ртути 20 °С.

Определить удельный объем воздуха при этих условиях.

$$\text{Отв. } v = 0,876 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

5. Какой объем будут занимать 11 кг воздуха при давлении $p = 0,44$ МПа и температуре $t = 18$ °С?

$$\text{Отв. } V = 2,088 \text{ м}^3.$$

6. В цилиндре диаметром $0,6$ м содержится $0,41$ м³ воздуха при $p = 0,25$ МПа и $t_1 = 35$ °С.

До какой температуры должен нагреваться воздух при постоянном давлении, чтобы движущийся без трения поршень поднялся на $0,4$ м?

$$\text{Отв. } t_2 = 117,6 \text{ °С}.$$

7. В цилиндрическом сосуде, имеющем внутренний диаметр $d = 0,6$ м и высоту $h = 2,4$ м, находится воздух, при температуре 18 °С. Давление воздуха составляет $0,765$ МПа. Барометрическое давление (приведенное к нулю) равно 101858 Па. Определить массу воздуха в сосуде.

$$\text{Отв. } M = 7,04 \text{ кг}.$$

8. В сосуде объемом $0,5$ м³ находится воздух при давлении $p = 2$ МПа и температуре 20 °С. Сколько воздуха надо выкачать из сосуда, чтобы разрежение в нём составило 56 кПа при условии, что температура в сосуде не изменится? Атмосферное

давление по ртутному барометру равно 102,4 кПа при температуре ртути 18 °С; разряжение в сосуде измерено ртутным вакууметром при температуре ртути 20 °С.

Отв. $M = 1,527$ кг.

9. Резервуар объёмом 4 м³ заполнен углекислым газом. Найти массу и силу тяжести (вес) газа в резервуаре, если избыточное давление газа $p = 40$ кПа, температура его $t = 80$ °С, а барометрическое давление воздуха $B = 102,4$ кПа.

Отв. $M = 8,64$ кг; $G = 84,8$ Н

10. Масса пустого баллона для кислорода емкостью 0,05 м³ равна 80 кг. Определить массу баллона после заполнения его кислородом при температуре $t = 20$ °С до давления $p = 10$ МПа.

Отв. $M = 86,57$ кг.

11. Для автогенной сварки использован баллон кислорода емкостью 100 л. Найти массу кислорода, если его давление $p = 12$ МПа и температура $t = 16$ °С.

Отв. $M = 16$ кг.

12. Генераторный газ имеет следующий объёмный состав: $H_2 = 7,0$ %; $CH_4 = 2,0$ %; $CO = 27,6$ %; $CO_2 = 4,8$ %; $N_2 = 58,6$ %. Определить массовые доли, кажущуюся молекулярную массу, газовую постоянную, плотность и парциальные давления при 15 °С и 0,1 Мпа.

Отв. $m_{H_2} = 0,005$; $m_{CH_4} = 0,012$; $m_{CO} = 0,289$;

$m_{CO_2} = 0,079$; $m_{N_2} = 0,615$; $\mu_{см} = 26,72$;

$R_{см} = 310,8$ Дж/(кг К) $\rho_{см} = 1,095$ кг/м³; $p_{H_2} = 7$ кПа.

13. Газ коксовых печей имеет следующий объёмный состав- $H_2 = 57\%$; $CH_4 = 23\%$; $CO = 6\%$; $CO_2 = 2\%$; $N_2 = 12\%$.

Найти кажущуюся молекулярную массу, массовые доли, газовую постоянную, плотность и парциальные давления при 15°С и 100 кПа.

Отв. $\mu_{см} = 10,77$; $m_{H_2} = 0,107$; $m_{CO_2} = 0,082$;

$R_{см} = 772$ Дж/(кг К); $\rho_{см} = 0,45$ кг/м³

14. Генераторный газ состоит из следующих объёмных частей: $H_2 - 18\%$; $CO = 24\%$; $CO_2 = 6\%$; $N_2 = 52\%$. Определить газовую постоянную генераторного газа и массовый состав входящих в смесь газов.

Отв. $R_{см} = 342$ Дж/(кг К); $m_{CO_2} = 10,86\%$;

$m_{N_2} = 60,03\%$; $m_{H_2} = 1,48\%$; $m_{CO} = 27,63\%$.

15. В цилиндр газового двигателя засасывается газовая смесь, состоящая из 20 массовых долей воздуха и одной доли коксового газа.

Найти плотность и удельный объем смеси при нормальных условиях, а также парциальное давление воздуха в смеси (данные о коксовом газе приведены в табл. IV, см. приложения).

Отв. $\rho_{см} = 1,2$ кг/м³; $v_{см}^H = 0,883$ м³/кг;

$p_{возд} = 0,884p$

16. Определить газовую постоянную, плотность при нормальных условиях и объёмный состав смеси, если ее массовый состав следующий: $H_2 = 8,4\%$; $CH_4 = 48,7\%$; $C_2H_4 = 6,9\%$; $CO = 17\%$; $CO_2 = 7,6\%$; $O_2 = 4,7\%$; $N_2 = 6,7\%$.

Отв. $R_{см} = 717$ Дж/(кг К); $r_{O_2} = 0,017$;

$r_{N_2} = 0,028$, $r_{H_2} = 0,484$;

$r_{CO_2} = 0,02$; $\rho_H = 0,518$ Кг/м³.

17. Найти газовую постоянную, удельный объем газовой смеси и парциальные давления ее составляющих, если объёмный состав смеси следующий: $CO_2 = 12\%$; $CO = 1\%$; $H_2O = 6\%$; $O_2 = 7\%$; $N_2 = 74\%$, а общее давление её $p = 100$ кПа.

Отв. $R_{см} = 281 \text{ Дж}/(\text{кгК})$; $\nu = 0,76 \text{ м}^3/\text{кг}$

$p_{\text{CO}_2} = 1200 \text{ Па}$.

18. В резервуаре емкостью 125 м^3 находится коксовый газ при давлении $p = 0,5 \text{ МПа}$ и температуре $t = 18^\circ \text{ С}$. Объемный состав газа следующий: $r_{\text{H}_2} = 0,46$; $r_{\text{CH}_4} = 0,32$; $r_{\text{CO}} = 0,15$; $r_{\text{N}_2} = 0,07$. После израсходования некоторого количества газа давление его понизилось до $0,3 \text{ МПа}$, а температура — до 12° С .

Определить массу израсходованного коксового газа.

Отв. $M = 2167 \text{ кг}$.

19. Массовый состав смеси следующий: $\text{CO}_2 = 18\%$; $\text{O}_2 = 12\%$ и $\text{N}_2 = 70\%$. До какого давления нужно сжать эту смесь, находящуюся при нормальных условиях, чтобы при $t = 180^\circ \text{ С}$ 8 кг её занимали объем, равный 4 м^3 .

Отв. $p = 0,24 \text{ МПа}$.

20. Определить массовый состав газовой смеси, состоящей из углекислого газа и азота, если известно, что парциальное давление углекислого газа $p_{\text{CO}_2} = 120 \text{ кПа}$, а давление смеси $p_{см} = 300 \text{ кПа}$.

Отв. $m_{\text{CO}_2} = 0,512$; $m_{\text{N}_2} = 0,488$.

21. Газовая смесь имеет следующий массовый состав: $\text{CO}_2 = 12\%$; $\text{O}_2 = 8\%$ и $\text{N}_2 = 80\%$.

До какого давления нужно сжать эту смесь, находящуюся при нормальных условиях, чтобы плотность её составляла $1,6 \text{ кг}/\text{м}^3$?

Отв. До $0,213 \text{ МПа}$.

22. Пользуясь формулой $\mu_{ср} = 29,2741 + 0,010459t - 0,000003818t^2$, определить истинную мольную теплоемкость кислорода при постоянном давлении для температуры 700° С .

Сравнить полученное значение теплоёмкости со значением его, взятым из таблиц.

Отв. $\mu_{ср} = 34,725 \text{ кДж}/(\text{кмоль К})$.

23. В регенеративном подогревателе газовой турбины воздух нагревается от 150 до 600° С .

Найти количество теплоты, сообщенное воздуху в единицу времени, если расход его составляет $360 \text{ кг}/\text{ч}$. Зависимость теплоёмкости от температуры принять нелинейной.

Отв. $Q = 47,84 \text{ кДж}/\text{с}$.

24. При испытании двигателей внутреннего сгорания широким распространением пользуются так называемые гидротормоза. Работа, двигателя при торможении превращается в теплоту трения, и для уменьшения нагрева тормозного устройства применяют водяное охлаждение. Определить часовой расход воды на охлаждение тормоза, если мощность двигателя $N = 33 \text{ кВт}$, начальная температура воды $t'_в = 15^\circ \text{ С}$, конечная $t''_в = 60^\circ \text{ С}$; принять, что вся теплота трения передается охлаждающей воде.

Отв. $M_{\text{воды}} = 632 \text{ кг}/\text{ч}$.

25. При испытании нефтяного двигателя было найдено, что удельный расход топлива равен $231 \text{ г}/(\text{кВт ч})$.

Определить эффективный к. п. д. этого двигателя, если теплота сгорания топлива $Q_{\text{H}}^p = 41\,000 \text{ кДж}/\text{кг}$ ($9800 \text{ ккал}/\text{кг}$).

Отв. $\eta_{\lambda} = 0,38$.

26. В котельной электростанции за 10 ч работы сожжено 100 т каменного угля с теплотой сгорания $29300 \text{ кДж}/\text{кг}$.

Найти количество выработанной электроэнергии и среднюю мощность станции, если к. п. д. процесса преобразования тепловой энергии в электрическую составляет 20% .

Отв. 162780 кВт ч, $N_{\text{ср}} = 16278 \text{ кВт}$.

27. В сосуд, содержащий 5 л воды при температуре 20 °С, помещён электронагреватель мощностью 800 Вт.

Определить, сколько времени потребуется, чтобы вода нагревалась до температуры кипения 100°С. Потерями теплоты сосуда в окружающую среду пренебречь.

Отв. $t = 30 \text{ мин}$.

28. В калориметр, содержащий 0,6 кг воды при $t = 20 \text{ °С}$, опускают стальной образец массой 0,4 кг, нагретый до 200 °С. Найти теплоемкость стали, если повышение температуры воды составило 12,5 °С. Массой собственно калориметра пренебречь.

Отв. $c = 0,469 \text{ кДж/(кг К)}$.

29. Свинцовый шар падает с высоты 100 м на твердую поверхность. В результате падения кинетическая энергия шара полностью превращается в теплоту. Одна треть образовавшейся теплоты передается окружающей среде, а две трети расходуются на нагревание шара. Теплоёмкость свинца $c = 0,126 \text{ кДж/(кг К)}$. Определить повышение температуры шара.

Отв. $\Delta t = 5,2 \text{ °С}$

30. Автомобиль массой 1,5 т останавливается под действием тормозов при скорости 40 км/ч.

Вычислить конечную температуру тормозов t_2 , если их масса равна 15 кг, начальная температура $t_1 = 10 \text{ °С}$, а теплоемкость стали, из которой изготовлены тормозные части, равна 0,46 кДж/(кг К). Потерями теплоты в окружающую среду пренебречь.

Отв. $t_2 = 23,4 \text{ °С}$

31. В газоходе смешиваются три газовых потока, имеющих одинаковое давление, равное 0,2 МПа. Первый поток представляет собой азот с объемным расходом $V_1 = 8200 \text{ м}^3/\text{ч}$ при температуре 200 °С, второй поток — двуокись углерода с расходом 7600 м³/ч при температуре 500 °С и третий поток воздуха с расходом 6400 м³/ч при температуре 800 °С.

Найти температуру газов после смешения и их объемный расход в общем газопроводе.

Отв. $t_1 = 423 \text{ °С}$; $V = 23000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

32. Продукты сгорания из газохода парового котла в количестве 400 кг/ч при температуре 900 °С должны быть охлаждены до 500 °С и направлены в сушильную установку; Газы охлаждаются смешением газового потока с потоком воздуха при температуре 20 °С. Давление в обоих газовых потоках одинаковое.

Определить часовой расход воздуха, если известно, что $R_{\text{газ}} = R_{\text{возд}}$. Теплоемкость продуктов сгорания принять равной теплоемкости воздуха.

Отв. $M_{\text{возд}} = 366 \text{ кг/ч}$.

33. Газ при давлении $p_1 = 1 \text{ МПа}$ и температуре $t_1 = 200 \text{ °С}$ нагревается при постоянном объеме до $t_2 = 300 \text{ °С}$. Найти конечное давление газа.

Отв. $p_2 = 1,956 \text{ МПа}$.

34. В закрытом сосуде емкостью $V = 0,3 \text{ м}^3$ содержится 2,75 кг воздуха при давлении $p_1 = 0,8 \text{ МПа}$ и температуре $t_1 = 25 \text{ °С}$.

Определить давление и удельный объем после охлаждения воздуха до 0 °С.

Отв. $p_2 = 0,732 \text{ МПа}$, $v_2 = 0,109 \text{ м}^3/\text{кг}$.

35. В закрытом сосуде находится газ при разрежении $p_1 = 2666 \text{ Па}$ и температуре $t_1 = 100 \text{ °С}$. Показание барометра — 10 кПа. После охлаждения газа разрежение стало равным 20 кПа.

Определить конечную температуру газа t_2 .

Отв. $t_2 = -40,4 \text{ °С}$.

36. До какой температуры t_2 нужно нагреть газ при $v = \text{const}$, если начальное давление газа $p_1 = 0,2 \text{ МПа}$ и температура $t_1 = 20 \text{ °С}$, а конечное давление $p_2 = 0,5 \text{ МПа}$.

Отв. До $t_2 = 459,5 \text{ °С}$.

37. В калориметрической бомбе емкостью 300 см^3 находится кислород при давлении $p_1 = 2,6 \text{ МПа}$ и температуре $t_1 = 22 \text{ }^\circ\text{C}$.

Найти температуру кислорода t_2 после подвода к нему теплоты в количестве $4,19 \text{ кДж}$, считая зависимость теплоемкости от температуры линейной.

Отв. $t_2 = 593 \text{ }^\circ\text{C}$.

38. $0,2 \text{ м}^3$ воздуха с начальной температурой $18 \text{ }^\circ\text{C}$ подогревают в цилиндре диаметром $0,5 \text{ м}$ при постоянном давлении $p = 0,2 \text{ МПа}$ до температуры $200 \text{ }^\circ\text{C}$.

Определить работу расширения перемещение поршня и количество затраченной теплоты, считая зависимость теплоемкости от температуры линейной.

Отв. $L=25000 \text{ Дж}$; $h = 0,64 \text{ м}$; $Q = 88,3 \text{ кДж}$.

39. Для использования отходящих газов двигателя мощностью $N = 2500 \text{ кВт}$ установлен подогреватель, через который проходит $60000 \text{ м}^3/\text{ч}$ воздуха при температуре $t_1 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ и давлении $p = 0,101 \text{ МПа}$. Температура воздуха после подогревателя равна $75 \text{ }^\circ\text{C}$.

Определить, какая часть теплоты топлива использована в подогревателе? К. п. д. двигателя принять равным $0,33$. Зависимость теплоемкости от температуры считать линейной.

Отв. $17,4\%$.

40. К 1 м^3 воздуха, находящемуся в цилиндре со свободно движущимся нагруженным поршнем, подводится при постоянном давлении 335 кДж теплоты. Объем воздуха при этом увеличивается до $1,5 \text{ м}^3$. Начальная температура воздуха равна $15 \text{ }^\circ\text{C}$.

Какая устанавливается в цилиндре температура, и какова работа расширения? Зависимость теплоемкости от температуры считать линейной.

Отв. $t_2 = 159 \text{ }^\circ\text{C}$; $L = 95,1 \text{ кДж}$.

41. 2 м^3 воздуха с начальной температурой $t_1 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ расширяются при постоянном давлении до 3 м^3 вследствие сообщения газу 837 кДж теплоты.

Определить конечную температуру, давление газа в процессе и работу расширения.

Отв. $t_2 = 159 \text{ }^\circ\text{C}$; $p = 0,24 \text{ МПа}$; $L = 239 \text{ кДж}$.

42. Отходящие газы котельной установки проходят через воздухоподогреватель. Начальная температура газов $t_{г1} = 300 \text{ }^\circ\text{C}$, конечная $t_{г2} = 160 \text{ }^\circ\text{C}$; расход газов равен 1000 кг/ч . Начальная температура воздуха составляет $t_{в1} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$, а расход его равен 910 кг/ч .

Определить температуру нагретого воздуха $t_{в2}$, если потери воздухоподогревателя составляют 4% .

Средние теплоемкости (c_{pm}) для отходящих из котла газов и воздуха принять соответственно равными $1,0467$ и $1,0048 \text{ кДж/(кг К)}$.

Отв. $t_{в2} = 168,9 \text{ }^\circ\text{C}$.

43. В цилиндре двигателя внутреннего сгорания находится воздух при температуре $500 \text{ }^\circ\text{C}$. Вследствие подвода теплоты, конечный объем воздуха увеличился в $2,2$ раза. В процессе расширения воздуха давление в цилиндре практически оставалось постоянным.

Найти конечную температуру воздуха и удельные количества теплоты и работы, считая зависимость теплоемкости от температуры нелинейной.

Отв. $t_2 = 1428 \text{ }^\circ\text{C}$; $q_p = 1088,7 \text{ кДж/кг}$; $l = 266,3 \text{ кДж/кг}$.

44. Воздух, выходящий из компрессора с температурой $190 \text{ }^\circ\text{C}$, охлаждается в охладителе при постоянном давлении $p = 0,5 \text{ МПа}$ до температуры $20 \text{ }^\circ\text{C}$. При этих параметрах производительность компрессора: равна $30 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Определить часовой расход охлаждающей воды, если она нагревается на $10 \text{ }^\circ\text{C}$.

Отв. 733 л/ч .

45. Газовая смесь, имеющая следующий массовый состав $\text{CO}_2 = 14\%$; $\text{O}_2 = 6\%$; $\text{N}_2 = 75\%$ $\text{H}_2\text{O} = 5\%$ нагревается при постоянном давлении от $t_1 = 600 \text{ }^\circ\text{C}$ до $t_2 = 2000 \text{ }^\circ\text{C}$.

Определить количество теплоты, подведенное к 1 кг газовой смеси. Зависимость теплоемкости от температуры принять нелинейной.

Отв. $q_p = 1841 \text{ кДж/кг}$.

46. При сжигании в топке парового котла каменного угля объем продуктов сгорания составляет $V_H = 11,025 \text{ м}^3/\text{кг}$.

Анализ продуктов сгорания показывает следующий их объёмный состав $\text{CO}_2 = 10,3\%$; $\text{O}_2 = 7,8\%$; $\text{N}_2 = 75,3\%$; $\text{H}_2\text{O} = 6,6\%$.

Считая количество и состав продуктов сгорания неизменным по всему газовому тракту парового котла, а зависимость теплоемкости от температуры нелинейной определить количество теплоты, теряемой с уходящими газами (на 1 кг топлива), если на выходе из котла температура газов равна 180°C , а температура окружающей среды 20°C . Давление продуктов сгорания принято равным атмосферному.

Отв. $q_{yx} = 2418$ кДж/кг.

47. Воздух при давлении $p_1 = 0,1$ МПа и температуре $t_1 = 27^\circ\text{C}$ сжимается в компрессоре до $p_2 = 3,5$ МПа.

Определить величину работы L затраченной на сжатие 100 кг воздуха, если воздух сжимается изотермически.

Отв. $L = -30576$ кДж.

48. Для осуществления изотермического сжатия 0,8 кг воздуха при $p_1 = 0,1$ МПа и $t = 25^\circ\text{C}$ затрачена работа в 100 кДж.

Найти давление p_2 сжатого воздуха и количество теплоты, которое необходимо при этом отвести от газа?

Отв. $p_2 = 0,322$ МПа; $Q = -90$ кДж.

49. Воздуху в количестве $0,1$ м³ при $p_1 = 1$ МПа и $t_1 = 200^\circ\text{C}$ сообщается 125 кДж теплоты; температура его при этом не изменяется.

Определить конечное давление p_2 , конечный объем V_2 и получаемую работу L .

Отв. $p_2 = 0,286$ МПа; $V_2 = 0,35$ м³; $L = 125$ кДж.

50. При изотермическом сжатии $0,3$ м³ воздуха с начальными параметрами $p_1 = 1$ МПа и $t_1 = 300^\circ\text{C}$ отводится 500 кДж теплоты.

Определить конечный объем V_2 и конечное давление p_2 .

Отв. $V_2 = 0,057$ м³; $p_2 = 5,26$ МПа.

51. При изотермическом сжатии $2,1$ м³ азота, взятого при $p_1 = 0,1$ МПа, от газа отводится 335 кДж теплоты.

Найти конечный объем V_2 , конечное давление p_2 затраченную работу L .

Отв. $V_2 = 0,426$ м³; $p_2 = 0,49$ МПа; $L = -335$ кДж.

52. В воздушный двигатель подается $0,0139$ м³/с воздуха при $p_1 = 0,5$ МПа и $t_1 = 40^\circ\text{C}$.

Определить мощность, полученную при изотермическом расширении воздуха в машине, если $p_2 = 0,1$ МПа.

Отв. $L = 11,188$ кВт.

53. $0,5$ м³ кислорода при давлении $p_1 = 1$ МПа и температуре $t_1 = 30^\circ\text{C}$ сжимаются изотермически до объема в 5 раз меньше начального.

Определить объём и давление кислорода после сжатия, работу сжатия и количество теплоты, отнятого у газа.

Отв. $p_2 = 5$ МПа; $V_2 = 0,1$ м³; $L = -805$ кДж.

54. 10 кг воздуха при давлении $p_1 = 0,12$ МПа и температуре $t_1 = 30^\circ\text{C}$ сжимаются изотермически; при этом в результате сжатия объём уменьшается в 2,5 раза.

Определить начальные и конечные параметры, количество теплоты, работу и изменение внутренней энергии.

Отв. $V_1 = 7,25$ м³; $V_2 = 2,9$ м³; $p_2 = 0,3$ МПа;

$Q = L = -797$ кДж; $\Delta U = 0$.

55. 1 кг воздуха при температуре $t_1 = 15^\circ\text{C}$ и начальном давлении $p_1 = 0,1$ МПа адиабатно сжимается до $0,8$ МПа.

Найти работу, конечный объём и конечную температуру.

Отв. $t_2 = 248^\circ\text{C}$; $v_2 = 0,187$ м³/кг; $L = -167,2$ кДж/кг.

56. Воздух при давлении $p_1 = 0,45$ МПа, расширяясь адиабатно до $0,12$ МПа, охлаждается до $t_2 = -45^\circ\text{C}$.

Определить начальную температуру и работу совершённую 1 кг воздуха.

Отв. $t_1 = 61 \text{ }^\circ\text{C}$; $l = 75,3 \text{ кДж/кг}$.

57. 1 кг воздуха, занимающий объем $v_i = 0,0887 \text{ м}^3/\text{кг}$ при $p_i = 1 \text{ МПа}$, расширяется до 10-кратного объема.

Получить конечное давление и работу, совершенную воздухом, в изотермическом и адиабатном процессах.

Отв. 1) $T = \text{const}$; $p_2 = 0,1 \text{ МПа}$; $l = 204 \text{ кДж/кг}$;

2) $dQ = 0$; $p_2 = 0,04 \text{ МПа}$; $l = 133,5 \text{ кДж/кг}$.

58. Воздух при температуре $t_1 = 250 \text{ }^\circ\text{C}$ адиабатно охлаждается до $t_2 = -55 \text{ }^\circ\text{C}$; давление при этом падает до $0,1 \text{ МПа}$.

Определить начальное давление и работу расширения 1 кг воздуха.

Отв. $p_1 = 0,3 \text{ МПа}$; $l = 57,4 \text{ кДж/кг}$.

59. $0,8 \text{ м}^3$ углекислого газа при температуре $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ и давлении $p_i = 0,7 \text{ МПа}$ адиабатно расширяются до трехкратного объема.

Определить конечные параметры p_2 и t_2 и величину полученной работы L (к принять равным 1,28).

Отв. $p_2 = 0,17 \text{ МПа}$; $t_2 = -57,6 \text{ }^\circ\text{C}$; $L = 535,7 \text{ кДж}$.

60. До какого давления нужно адиабатно сжать смесь воздуха и паров бензина, чтобы в результате повышения температуры наступило самовоспламенение смеси?

Начальные параметры: $p_1 = 0,1 \text{ МПа}$, $t_1 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$. Температура воспламенения смеси $t_2 = 550 \text{ }^\circ\text{C}$; $k = 1,39$.

Отв. $p_2 = 4,2 \text{ МПа}$.

61. Работа, затраченная на адиабатное сжатие 3 кг воздуха, составляет 471 кДж. Начальное состояние воздуха характеризуется параметрами: $t_1 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$; $p_1 = 0,1 \text{ МПа}$.

Определить конечную температуру и изменение внутренней энергии.

Отв. $t_2 = 234 \text{ }^\circ\text{C}$; $\Delta U = -471 \text{ кДж}$.

62. В цилиндре газового двигателя находится газовая смесь при давлении $p_1 = 0,1 \text{ МПа}$ и температуре $t_1 = 500 \text{ }^\circ\text{C}$. Объем камеры сжатия двигателя составляет 16% от объема, описываемого поршнем.

Определить конечное давление и конечную температуру газовой смеси при адиабатном ее сжатии. Показатель адиабаты принять равным 1,38.

Отв. $p_2 = 1,54 \text{ МПа}$; $t_2 = 412 \text{ }^\circ\text{C}$.

63. В двигателе с воспламенением, от сжатия воздух сжимается таким образом, что его температура поднимается выше температуры воспламенения нефти.

Какое минимальное давление должен иметь воздух в конце процесса сжатия, если температура воспламенения нефти равна $800 \text{ }^\circ\text{C}$? Во сколько раз при этом уменьшится объем воздуха?

Начальное давление воздуха. $p_1 = 0,1 \text{ МПа}$, начальная температура воздуха $t_1 = 80 \text{ }^\circ\text{C}$. Сжатие воздуха считать адиабатным.

Отв. $p_2 = 4,9 \text{ МПа}$; $\varepsilon = \frac{V_1}{V_2} = 16$.

64. Объем воздуха при адиабатном сжатии в цилиндре двигателя внутреннего сгорания уменьшается в 13 раз. Начальная температура воздуха перед сжатием $t_1 = 770 \text{ }^\circ\text{C}$, а начальное давление $p_1 = 0,09 \text{ МПа}$.

Определить температуру и давление воздуха после сжатия.

Отв. $t_2 = 7030 \text{ }^\circ\text{C}$; $p_2 = 3,27 \text{ МПа}$.

65. 2 кг воздуха при давлении $p_1 = 0,1 \text{ МПа}$; $t_1 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ адиабатно сжимаются в цилиндре компрессора до давления $p_3 = 0,7 \text{ МПа}$.

Найти конечную температуру сжатого воздуха и работу, затраченную на сжатие.

Отв. $t_2 = 229 \text{ }^\circ\text{C}$; $L = -307,1 \text{ кДж}$.

66. 1 м^3 воздуха при давлении $0,095 \text{ МПа}$ и начальной температуре $10 \text{ }^\circ\text{C}$ сжимается по адиабате до $0,38 \text{ МПа}$.

Определить температуру и объем воздуха в конце сжатия и работу, затраченную на сжатие.

Отв. $t_2 = 148 \text{ }^\circ\text{C}$; $V_2 = 0,373 \text{ м}^3$, $L = -117,5 \text{ кДж}$.

67. Воздух при температуре $127 \text{ }^\circ\text{C}$ изотермически сжимается так, что объем его становится равным $1/4$ начального, а затем расширяется по адиабате до начального давления.

Найти температуру воздуха в конце адиабатного расширения. Представить процесс расширения и сжатия воздуха в диаграмме $p-v$.

Отв. $t_2 = -4 \text{ }^\circ\text{C}$.

68. 1 кг воздуха при температуре $t_1 = 17 \text{ }^\circ\text{C}$ сжимается адиабатно до объема, составляющего $1/5$ начального, а затем расширяется изотермически до первоначального объема.

Определить работу, произведенную воздухом в результате обоих процессов.

Отв. $l = 67 \text{ кДж/кг}$.

69. Воздух при температуре $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ должен быть охлажден посредством адиабатного расширения до температуры $t_2 = -60 \text{ }^\circ\text{C}$. Конечное давление воздуха при этом должно составлять $0,1 \text{ МПа}$.

Определить начальное давление воздуха p_1 и удельную работу расширения l .

Отв. $p_1 = 0,3 \text{ МПа}$; $l = 57,8 \text{ кДж/кг}$.

70. Воздух в количестве 3 м^3 расширяется политропно от $p_1 = 0,54 \text{ МПа}$ и $t_1 = 45 \text{ }^\circ\text{C}$ до $p_2 = 0,15 \text{ МПа}$. Объем, занимаемый при этом воздухом, становится равным 10 м^3 .

Найти показатель политропы, конечную температуру, полученную работу и количество подведенной теплоты.

Отв. $n = 1,064$; $t_2 = 21,4 \text{ }^\circ\text{C}$; $L = 1875 \text{ кДж}$; $Q = 1575 \text{ кДж}$.

71. В цилиндре двигателя с изобарным подводом теплоты сжимается воздух по политропе с показателем $n = 1,33$.

Определить температуру и давление воздуха в конце сжатия, если степень сжатия ($\varepsilon = \frac{V_1}{V_2}$) равна 14 , $t_1 = 77 \text{ }^\circ\text{C}$ и $p_1 = 0,1 \text{ МПа}$.

Отв. $t_2 = 564 \text{ }^\circ\text{C}$; $p_2 = 3,39 \text{ МПа}$.

72. В процессе политропного сжатия затрачивается работа, равная 195 кДж , причем в одном случае от газа отводится 250 кДж , а в другом - газу сообщается 42 кДж .

Определить показатели обеих политроп.

Отв. 1) $n = 0,9$; 2) $n = 1,49$.

73. $1,5 \text{ м}^3$ воздуха сжимаются от $0,1 \text{ МПа}$ и $17 \text{ }^\circ\text{C}$ до $0,7 \text{ МПа}$; конечная температура при этом равна $100 \text{ }^\circ\text{C}$.

Какое количество теплоты требуется отвести, какую работу затратить и каков показатель политропы?

Отв. $Q = -183 \text{ кДж}$; $L = -290 \text{ кДж}$; $n = 1,147$.

74. Горючая смесь в цилиндре двигателя, имеющая температуру $t_1 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ и давление $p_1 = 0,09 \text{ МПа}$; подвергается сжатию по политропе с показателем $n = 1,33$.

Определить конечное давление и степень сжатия в момент, когда температура достигнет $400 \text{ }^\circ\text{C}$.

Отв. $\varepsilon = 5,9$; $p_2 = 0,95 \text{ МПа}$.

75. В процессе политропного расширения воздуху сообщается $83,7 \text{ кДж}$ теплоты.

Найти изменение внутренней энергии воздуха и произведенную работу, если объем воздуха увеличился в 10 раз, а давление его уменьшилось в 8 раз.

Отв. $\Delta U = 16,7 \text{ кДж}$; $L = 6702 \text{ кДж}$.

76. Воздух расширяется по политропе, совершая при этом работу, равную 270 кДж , причем в одном случае ему сообщается 420 кДж теплоты, а в другом от воздуха отводится 92 кДж теплоты

Определить в обоих случаях показатели политропы.

Отв. 1) $n = 0,7$; 2) $n = 1,88$.

77. Смесь коксового газа с воздухом сжимается по политропе с показателем $n = 1,38$; начальное давление $p_1 = 0,1$ МПа, начальная температура $t_1 = 50$ °С.

Определить конечную температуру и давление, если степень сжатия $\varepsilon = 4$.

Отв. $t_2 = 276$ °С; $p_2 = 0,68$ МПа.

78. В газовом двигателе политропно сжимается горючая смесь [$R = 340$ Дж/(кг·К)] до температуры 450 °С. Начальное давление смеси $p_1 = 0,09$ МПа, начальная температура $t_1 = 80$ °С. Показатель политропы $n = 1,35$.

Найти работу сжатия и степень сжатия.

Отв. $l = -360$ кДж/кг; $\varepsilon = 7,82$.

79. 2 м^3 воздуха при давлении $p_1 = 0,2$ МПа и температуре $t_1 = 400$ °С сжимаются до давления $p_2 = 1,1$ МПа и объема $V_2 = 0,5$ м³.

Определить показатель политропы, работу сжатия и количество отведенной теплоты.

Отв. $n = 1,23$; $L = -652$ кДж; $Q = -272$ кДж.

80. Находящийся в цилиндре двигателя внутреннего сгорания воздух при давлении $p_1 = 0,09$ МПа и $t_1 = 100$ °С должен быть так сжат, чтобы конечная температура его поднялась до 650 °С.

Определить, какое должно быть отношение объема камеры сжатия двигателя к объему, описываемому поршнем, если сжатие происходит по политропе с показателем $n = 1,3$.

Отв. $V_2 = 0,0512 V_1$

81. 1 кг воздуха при давлении $p_1 = 0,4$ МПа и температуре $t_1 = 100$ °С расширяется до давления $p_2 = 0,1$ МПа.

Найти конечную температуру, количество теплоты и совершенную работу, если расширение происходит:

а) изохорно, б) изотермически, в) адиабатно и г) политропно с показателем $m = 1,2$.

Отв. а) $t_2 = -180$ °С; $l = 0$; $q = -202$ кДж/кг;

б) $t_2 = t_1$, $l = 148,2$ кДж/кг; $q = 148,2$ кДж/кг;

в) $t_2 = -22$ °С; $l = 87,5$ кДж/кг; $q = 0$;

г) $t_2 = 24$ °С; $l = 10,9$ кДж/кг, $q = 54,5$ кДж/кг.

82. Найти приращение энтропии 3 кг воздуха; а) при нагревании его по изобаре от 0 до 400 °С; б) при нагревании его по изохоре от 0° до 880 °С; в) при изотермическом расширении с увеличением объема в 16 раз. Теплоемкость считать постоянной.

Отв. а) $\Delta s_p = 2,74$ кДж/К.; б) $\Delta s_v = 3,13$ кДж/К;

в) $\Delta s_r = 2,36$ кДж/К.

83. 1 кг воздуха сжимается по политропе от 1 МПа и 20 °С до 0,8 МПа при $n = 12$.

Определить конечную температуру, изменение энтропии, количество отведенной теплоты и затраченную работу.

Отв. $t_2 = 141$ °С; $\Delta s = 0,2445$ кДж/(кг·К);

$q = -87,1$ кДж/кг; $l = 173,0$ кДж/кг.

84. В сосуде объемом 400 л заключен воздух при давлении $p_1 = 0,1$ МПа и температуре $p_1 = -40$ °С. Параметры среды: $p_0 = 0,1$ МПа и $t_0 = 200$ °С.

Определить максимальную полезную работу, которую может произвести воздух, заключенный в сосуде. Представить процесс в диаграммах p, v и T, s .

Отв. $L_{\text{max(полезн)}} = 4600$ Дж.

85. 1 кг воздуха совершает цикл Карно между температурами $t_1 = 327$ °С и $t_2 = 27$ °С; наивысшее давление при этом составляет 2 МПа, а наинизшее – 0,12 МПа.

Определить параметры состояния воздуха в характерных точках, работу, термический к. п. д. цикла и количества подведенной и отведенной теплоты.

Отв. $v_1 = 0,861$ м³/кг; $v_2 = 0,127$ м³/кг; $v_3 = 0,717$ м³/кг;

$v_4 = 0,486$ м³/кг; $p_2 = 1,36$ МПа; $p_4 = 0,18$ МПа; $\eta_t = 0,5$;

$l_0 = 33,7$ кДж/кг; $q_1 = 67,4$ кДж/кг, $q_2 = 33,7$ кДж/кг.

86. 1 кг воздуха совершает цикл Карно в пределах температур $t_1 = 250 \text{ }^\circ\text{C}$ и $t_2 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$. Наивысшее давление $p_1 = 1 \text{ МПа}$, наинизшее – $p_3 = 0,12 \text{ МПа}$.

Определить параметры состояния воздуха в характерных точках, количество подведённой и отведённой теплоты, работу и термический к.п.д. цикла.

Отв. $v_1 = 0,15 \text{ м}^3/\text{кг}$; $v_2 = 0,185 \text{ м}^3/\text{кг}$; $v_3 = 0,725 \text{ м}^3/\text{кг}$;
 $v_4 = 0,59 \text{ м}^3/\text{кг}$; $p_2 = 0,81 \text{ МПа}$; $p_4 = 0,15 \text{ МПа}$; $\eta_t = 0,42$;
 $l_0 = 18,1 \text{ кДж/кг}$; $q_1 = 31,1 \text{ кДж/кг}$, $q_2 = 18 \text{ кДж/кг}$.

87. Поршневой двигатель работает на воздухе по циклу с подводом теплоты при $v = \text{const}$. Начальное состояние воздуха: $p_1 = 0,785 \text{ МПа}$ и $t_1 = 17 \text{ }^\circ\text{C}$. Степень сжатия $\varepsilon = 4,6$. Количество подведённой теплоты составляет $100,5 \text{ кДж/кг}$.

Найти термический к. п. д. двигателя и его мощность, если диаметр цилиндра $d = 0,24 \text{ м}$, ход поршня $S = 0,34 \text{ м}$, число оборотов $n = 21 \text{ рад/с}$ (200 об/мин) и за каждые два оборота совершается один цикл.

Отв. $\eta_t = 0,457$; $N = 14,5 \text{ кВт}$.

88. Температура воспламенения топлива, подаваемого в цилиндр двигателя с изобарным подводом теплоты, равна $800 \text{ }^\circ\text{C}$.

Определить минимально необходимое значение степени сжатия ε , если начальная температура воздуха $t_1 = 77 \text{ }^\circ\text{C}$. Сжатие считать адиабатным, $k = 1,4$.

Отв. $\varepsilon = 16,4$.

89. Для цикла поршневого двигателя внутреннего сгорания с подводом теплоты при $p = \text{const}$ определить параметры в характерных точках, полезную работу, количество подведённой и отведённой теплоты и термический к. п. д., если дано: $p_1 = 100 \text{ кПа}$, $t_1 = 70 \text{ }^\circ\text{C}$; $\varepsilon = 12$; $k = 1,4$; $\rho = 1,67$. Рабочее тело — воздух. Теплоёмкость принять постоянной.

Отв. $v_1 = 0,98 \text{ м}^3/\text{кг}$; $v_2 = 0,082 \text{ м}^3/\text{кг}$; $v_3 = 0,14 \text{ м}^3/\text{кг}$;
 $p_2 = 3,24 \text{ МПа}$; $p_4 = 0,2 \text{ МПа}$; $q_1 = 627 \text{ кДж/кг}$;
 $q_2 = 255 \text{ кДж/кг}$; $l_0 = 372 \text{ кДж/кг}$; $\eta_t = 0,593$.

90. Найти давление и объем в характерных точках цикла поршневого двигателя внутреннего сгорания с подводом теплоты при $p = \text{const}$, а также термический к. п. д. и полезную работу, если дано: $p_1 = 100 \text{ кПа}$, $\varepsilon = 14$; $\rho = 1,5$; $k = 1,4$.

Диаметр цилиндра $d = 0,3 \text{ м}$, ход поршня $S = 0,45 \text{ м}$. Рабочее тело — воздух. Теплоёмкость считать постоянной.

Отв. $V_1 = V_4 = 0,03416 \text{ м}^3$; $V_2 = 0,00244 \text{ м}^3$; $V_3 = 0,00366 \text{ м}^3$;
 $p_2 = 4,02 \text{ МПа}$; $p_4 = 0,176 \text{ МПа}$, $\eta_t = 0,65$.

91. В цикле с подводом теплоты при $p = \text{const}$ начальное давление воздуха $p_1 = 0,09 \text{ МПа}$, температура $t_1 = 47 \text{ }^\circ\text{C}$, степень сжатия $\varepsilon = 12$, степень предварительного расширения $\rho = 2$ и $k = 1,4$.

Определить параметры в характерных точках цикла, количество подведённой и отведённой теплоты, работу цикла и его термический к. п. д. Рабочее тело — воздух. Теплоёмкость принять постоянной.

Отв. $V_2 = 0,0832 \text{ м}^3$; $V_3 = 0,166 \text{ м}^3$; $p_2 = 2,92 \text{ МПа}$;
 $p_4 = 0,24 \text{ МПа}$; $T_2 = 865 \text{ К}$; $T_3 = 1730 \text{ К}$; $T_4 = 845 \text{ К}$;
 $L_0 = 478 \text{ кДж}$; $Q_1 = 842 \text{ кДж}$; $Q_2 = 364 \text{ кДж}$; $\eta_t = 0,565$.

92. Рабочее тело поршневого двигателя внутреннего сгорания со смешанным подводом теплоты обладает свойствами воздуха. Известны начальные параметры $p_1 = 0,1 \text{ МПа}$, $t_1 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ и следующие характеристики цикла; $\varepsilon = 7$, $\lambda = 2,0$ и $\rho = 1,2$.

Определить параметры в характерных для цикла точках, количество подведённой теплоты, полезную работу и термический к. п. д. цикла. Рабочее тело—воздух. Теплоёмкость считать постоянной.

Отв. $v_1 = 0,870 \text{ м}^3/\text{кг}$; $v_2 = 0,124 \text{ м}^3/\text{кг}$; $v_4 = 0,149 \text{ м}^3/\text{кг}$;
 $p_2 = 1,52 \text{ МПа}$; $p_3 = 3,05 \text{ МПа}$; $p_5 = 0,26 \text{ МПа}$;
 $t_2 = 387 \text{ }^\circ\text{C}$; $t_3 = 1047 \text{ }^\circ\text{C}$; $t_4 = 1311 \text{ }^\circ\text{C}$;
 $t_5 = 511 \text{ }^\circ\text{C}$; $q_1 = 744,2 \text{ кДж/кг}$; $q_2 = 348,2 \text{ кДж/кг}$;
 $l_0 = 396 \text{ кДж/кг}$; $\eta_t = 0,532$.

93. Для идеального цикла газовой турбины с подводом теплоты при $p = \text{const}$ определить параметры в характерных точках, полезную работу, термический к. п. д., количество подведенной и отведенной теплоты. Дано: $p_1 = 0,1 \text{ МПа}$; $t_1 = 17 \text{ }^\circ\text{C}$; $t_3 = 600 \text{ }^\circ\text{C}$; $\lambda = p_2/p_1 = 8$. Рабочее тело — воздух. Теплоемкость принять постоянной.

Отв. $v_1 = 0,831 \text{ м}^3/\text{кг}$; $v_2 = 0,189 \text{ м}^3/\text{кг}$; $v_3 = 0,313 \text{ м}^3/\text{кг}$;
 $v_4 = 1,38 \text{ м}^3/\text{кг}$; $t_2 = 254 \text{ }^\circ\text{C}$; $p_2 = p_3 = 0,8 \text{ МПа}$;
 $q_1 = 350 \text{ кДж/кг}$; $q_2 = 192,2 \text{ кДж/кг}$; $\eta_t = 0,45$.

94. Газовая турбина работает по циклу с подводом теплоты при $p = \text{const}$. Известны параметры; $p_1 = 0,1 \text{ МПа}$; $t_1 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$; $t_4 = 400 \text{ }^\circ\text{C}$, а также степень увеличения давления $\lambda = 8$. Рабочее тело — воздух.

Определить параметры в характерных точках цикла, количество подведенной и отведенной теплоты, работу, совершаемую за цикл, и термический к. п. д. Теплоемкость считать постоянной.

Отв. $v_1 = 0,9 \text{ м}^3/\text{кг}$; $p_2 = 0,8 \text{ МПа}$; $v_2 = 0,204 \text{ м}^3/\text{кг}$;
 $t_2 = 297 \text{ }^\circ\text{C}$; $v_3 = 0,438 \text{ м}^3/\text{кг}$; $t_3 = 948 \text{ }^\circ\text{C}$;
 $v_4 = 1,93 \text{ м}^3/\text{кг}$; $q_1 = 659 \text{ кДж/кг}$
 $q_2 = 364 \text{ кДж/кг}$; $l_0 = 296 \text{ кДж/кг}$; $\eta_t = 0,45$.

95. Газовая турбина работает по циклу с подводом тепла при $p = \text{const}$ без регенерации. Известны степень повышения давления в цикле $\lambda = p_2/p_1 = 7$ и степень предварительного расширения $\rho = v_3/v_2 = 2,4$. Рабочее тело — воздух.

Найти термический к. п. д. этого цикла и сравнить его с циклом поршневого двигателя внутреннего сгорания с подводом теплоты при $p = \text{const}$ при одинаковых степенях сжатия ϵ и при одинаковых степенях расширения ρ . Представить цикл в диаграмме Ts.

Отв. $\eta_{t \text{ ГТ}} = 0,426$; $\eta_{t \text{ ПД}} = 0,297$.

96. Газотурбинная установка работает с подводом теплоты при $v = \text{const}$ и с полной регенерацией. Известны параметры: $t_1 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ и $t_5 = 400 \text{ }^\circ\text{C}$, а также $\lambda = p_2/p_1 = 4$. Рабочее тело — воздух.

Определить термический к. п. д. этого цикла. Изобразить цикл в диаграмме Ts.

Отв. $\eta_{t \text{ ре}} = 0,585$.

97. Компрессор всасывает $250 \text{ м}^3/\text{ч}$ воздуха при $p_1 = 0,09 \text{ МПа}$ и $t_1 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ и сжимает его до $p_2 = 0,8 \text{ МПа}$.

Какое количество воды нужно пропускать через рубашку компрессора в час, если сжатие происходит политропно с показателем $n = 1,2$ и температура воды повышается на $15 \text{ }^\circ\text{C}$?

Отв. 390 л/ч .

98. Компрессор всасывает $120 \text{ м}^3/\text{ч}$ воздуха при $p_1 = 0,1 \text{ МПа}$ и $t_1 = 27 \text{ }^\circ\text{C}$ и сжимает его до $p_2 = 1,2 \text{ МПа}$.

Определить; а) температуру сжатого воздуха при выходе из компрессора; б) объем сжатого воздуха; в) работу и мощность, расходуемые на сжатие воздуха.

Расчет произвести для изотермического, адиабатного и политропного сжатия воздуха. Показатель политропы принять равным 1,3.

Отв. а) $t_2 = t_1$; $V_2 = 10 \text{ м}^3/\text{ч}$; $L_0 = 29,8 \text{ МДж/ч}$; $N = 8,3 \text{ кВт}$;
б) $t_2 = 339 \text{ }^\circ\text{C}$; $V_2 = 20,4 \text{ м}^3/\text{ч}$; $L_0 = 43,4 \text{ МДж/ч}$; $N = 12 \text{ кВт}$;
в) $t_2 = 257 \text{ }^\circ\text{C}$; $V_2 = 17,7 \text{ м}^3/\text{ч}$; $L_0 = 40,2 \text{ МДж/ч}$; $N = 11,2 \text{ кВт}$.

99. Компрессор всасывает в минуту 100 м^3 водорода при температуре $20 \text{ }^\circ\text{C}$ и давлении $0,1 \text{ МПа}$ и сжимает его до $0,8 \text{ МПа}$.

Определить потребную мощность двигателя для привода компрессора при адиабатном сжатии, если эффективный к.п.д. компрессора $\eta_t = 0,7$.

Отв. $N = 678 \text{ кВт}$.

100. Приемные испытания компрессоров обычно проводятся не на газе, на котором должен работать компрессор, а на воздухе.

Для условий предыдущей задачи найти потребную мощность двигателя при работе компрессора на воздухе. Сравнить полученные результаты.

Отв. $N = 678$ кВт.

101. Через пароперегреватель парового котла проходит 5000 кг пара в час. Степень сухости пара до пароперегревателя $x = 0,99$, а давление $p = 10$ МПа. Температура пара после пароперегревателя $t = 550$ °С.

Определить количество теплоты, воспринятой пароперегревателем, принимая его к.п.д. равным 0,984.

Отв. $Q = 4,0$ ГДж/ч.

102. Паровой котел имеет паропроизводительность 20 кг/с. Рабочее давление пара $p = 4$ МПа, а температура его $t = 440$ °С. Теплота сгорания топлива равна 12600 кДж/кг; температура питательной воды $t_{пв} = 145$ °С.

Определить к.п.д. котла, если расход топлива составляет 4,89 кг/с.

Отв. $\eta_k = 0,875$.

103. Паровые котлы высокого давления Таганрогского завода «Красный котельщик» имеют паропроизводительность 640 т/ч при давлении пара $p = 132$ МПа и температуре $t = 570$ °С. Температура питательной воды $t_b = 230$ °С. Теплота сгорания топлива составляет 25120 кДж/кг.

Чему равен часовой расход топлива, если к.п.д. парового котла составляет 87,6 %?

Отв. 73364 кг/ч.

104. Паровая машина с приводом для заводских целей, созданная талантливым русским ученым изобретателем И. И. Ползуновым, имела следующие размеры: диаметр цилиндра 0,81 м и ход поршня 2,56 м. Давление пара, поступающего в машину, составляло 0,118 МПа.

Считая пар, поступающий в машину, влажным насыщенным со степенью сухости $x = 0,97$, определить массу пара в цилиндре машины.

Отв. $M = 0,935$ кг.

105. Найти диаметр паропровода, по которому протекает пар при давлении $p = 1,2$ МПа и температуре $t = 260$ °С. Расход пара $M = 350$ кг/ч, скорость пара $w = 50$ м/с.

Отв. $d = 22,1$ мм.

106. Определить диаметр паропровода, по которому протекает пар при давлении $p = 1,8$ МПа. Расход пара $M = 1,11$ кг/с, скорость пара $w = 20$ м/с. Произвести расчет для трех случаев; 1) $x_1 = 0,9$; 2) $x_1 = 1$; 3) $t = 340$ °С.

Отв. 1) $d = 84$ мм; 2) $d = 88$ мм; 3) $d = 104$ мм.

107. В паровом котле объемом $V = 15$ м³ находятся 4000 кг воды и пара при давлении 4 МПа и температуре насыщения.

Определить массы воды и сухого насыщенного пара, находящиеся в котле.

Отв. $M_{п} = 206$ кг; $M_{в} = 3794$ кг.

108. В паровом котле находятся 25 м³ воды при давлении 3,5 МПа и температуре насыщения.

Какое количество пара по массе и объему образовалось бы в котле, если бы давление в нем упало до 0,1 МПа?

Отв. $M = 5651$ кг; $V = 9607$ м³.

109. В пароперегреватель парового котла поступает пар в количестве $D = 20$ т/ч при давлении $p = 4$ МПа и со степенью сухости $x = 0,98$. Количество теплоты, сообщенной пару в пароперегревателе, составляет 11313 МДж/ч.

Определить температуру пара на выходе из пароперегревателя. Потерями давления в нем пренебречь, считая процесс изобарным.

Отв. $t_{не} = 450$ °С.

110. К 1 кг пара при давлении 0,8 МПа и степени влажности 70% подводится при постоянном давлении 820 кДж теплоты.

Определить степень сухости, объём и энтальпию пара в конечном состоянии.

Отв. $x_2 = 0,7$; $v_2 = 0,1682$ м³/кг; $i_2 = 2154,4$ кДж/кг.

111. 1 кг влажного пара при давлении 1,8 МПа и влажности 3% перегревается при постоянном давлении до $t = 400$ °С.
 Определить работу расширения, количество сообщенной теплоты и изменение внутренней энергии.
 Отв. $l = 110,2$ кДж/кг; $q = 500$ кДж/кг; $\Delta u = 390$ кДж/кг.
112. 1 м³ водяного пара при давлении $p_1 = 1$ МПа и $x = 0,65$ расширяется при $p = \text{const}$ до тех пор, пока его удельный объем не станет равным $v_2 = 0,19$ м³/кг.
 Найти конечные параметры, количество теплоты, участвующей в процессе, работу и изменение внутренней энергии.
 Отв. $x_2 = 0,96$; $Q = 5196$ кДж; $L = 581,4$ кДж; $\Delta U = 4614,6$ кДж.
113. 1,2 м³ влажного пара со степенью сухости $x = 0,8$ расширяется адиабатно от 0,4 до 0,06 МПа.
 Определить степень сухости, объем пара в конце расширения и произведенную им работу.
 Отв. $x = 74$ %; $V_2 = 6,56$ м³; $L = 743$ кДж.
114. Найти по диаграмме i_s адиабатный перепад теплоты и конечное состояние при расширении пара от 1,4 МПа и 300 °С до 0,006 МПа.
 Отв. $h = 900$ кДж/кг; $x = 0,825$.
115. Пар с начальным давлением $p_1 = 2$ МПа и температурой $t_1 = 300$ °С расширяется адиабатно до $p_2 = 0,004$ МПа.
 Определить начальные и конечные параметры и работу расширения 1 кг пара.
 Отв. $l_1 = 3019$ кДж/кг; $v_1 = 0,1255$ м³/кг; $i_2 = 2036$ кДж/кг; $x = 0,787$;
 $l = 842$ кДж/кг.
116. Пар с начальным давлением $p_1 = 1,8$ МПа и температурой $t_1 = 340$ °С расширяется адиабатно до давления $p_2 = 0,006$ МПа.
 Определить работу расширения и конечное состояние пара.
 Отв. $l = 815$ кДж/кг; $p_2 = 19,5$ м³/кг; $x_2 = 0,825$.
117. 1 кг пара при давлении $p_1 = 5$ МПа и температуре $t_1 = 400$ °С расширяется по адиабате до давления 0,05 МПа.
 Найти, пользуясь диаграммой i_s , температуру и степень сухости для конечного состояния пара, а также адиабатный перепад теплоты.
 Отв. $t_2 = 80$ °С; $x_2 = 0,853$; $h_0 = 888$ кДж/кг.
118. 5 кг водяного пара, параметры которого $p_1 = 2$ МПа и $V_1 = 0,5$ м³, расширяются адиабатно до давления $p_2 = 0,2$ МПа.
 Определить конечный объем пара, степень сухости его и произведенную им работу.
 Отв. $V_2 = 3,95$ м³; $x_2 = 0,852$; $L = 1780$ кДж.
119. Определить теоретическую скорость истечения пара из котла в атмосферу. Давление в котле $p = 0,15$ МПа и $x = 0,95$, Процесс расширения пара считать адиабатным.
 Отв. $c = 360$ м/с.
120. Влажный пар с параметрами $p_1 = 1,8$ МПа и $x_1 = 0,92$ вытекает в среду с давлением $p_2 = 1,2$ МПа; площадь выходного сечения сопла $f = 20$ мм².
 Определить теоретическую скорость при адиабатном истечении пара и его секундный расход.
 Отв. $w = 380$ м/с; $M = 0,05$ кг/с.
121. Найти теоретическую скорость истечения пара из сопла Лаваля для следующих данных: $p_1 = 1,6$ МПа, $t_1 = 300$ °С, $p_2 = 0,1$ МПа. Процесс расширения пара в сопле считать адиабатным.
 Отв. $w = 1040$ м/с.
122. Пар при давлении $p_1 = 10$ МПа и $t_1 = 320$ °С дросселируется до $p_2 = 3$ МПа.
 Определить параметры конечного состояния и изменение температуры пара.
 Отв. $x_2 = 0,99$; $\Delta t = 85$ °С.

123. Отработавший пар из паровой турбины поступает в конденсатор в количестве 125 т/ч. Состояние отработавшего пара $p_2 = 0,0045$ МПа и $x = 0,89$.

Определить диаметр входного патрубка конденсатора, если скорость пара в нем до $= 120$ м/с.

Отв. $d = 3,22$ м.

124. В паровую турбину подается пар со следующими параметрами: $p_1 = 5,9$ МПа, $t_1 = 400$ °С. В клапанах турбины пар дросселируется до 5,4 МПа и поступает в расширяющиеся сопла, давление за которыми $p_2 = 0,98$ МПа. Расход пара через одно сопло $M = 8000$ кг/ч. Скоростной коэффициент $\varphi = 0,94$.

Определить площади минимального и выходного сечений.

Отв. $f_{\min} = 355$ мм²; $f_{\max} = 546$ мм².

125. На электростанции сжигается топливо с теплотой сгорания $Q_{н^P} = 30$ МДж/кг.

Определить удельный расход топлива на 1 кВт·ч, если известны следующие данные; $\eta_{к у} = 0,8$; $\eta_{я} = 0,97$; $\eta_{т} = 0,4$; $\eta_{oi} = 0,82$; $\eta_{м} = 0,98$; $\eta_{г} = 0,97$.

Определить также удельный расход теплоты на 1 кВт·ч.

Отв. $q = 14,9$ МДж/(кВт·ч); $b = 0,498$ кг/(кВт·ч).

126. Паровая турбина мощностью $N = 25$ МВт работает при начальных параметрах $p_1 = 3,5$ МПа и $t_1 = 400$ °С. Конечное давление пара $p_2 = 0,004$ МПа.

Определить часовой расход топлива при полной нагрузке паровой турбины, если к.п.д. котельной установки $\eta_{к у} = 0,82$, теплота сгорания топлива $Q_{н^P} = 41870$ кДж/кг, а температура питательной воды $t_{пв} = 88$ °С. Считать, что турбина работает по циклу Ренкина.

Отв. $V = 6430$ кг/ч.

127. Турбины высокого давления мощностью $N = 100000$ кВт работают на паре при $p_1 = 9$ МПа и $t_1 = 480$ °С, $p_2 = 0,004$ МПа. Определить термический к.п.д. цикла Ренкина для данных параметров, и достигнутое улучшение термического к.п.д. по сравнению с циклом Ренкина для параметров пара: $p_1 = 2,9$ МПа, $t_1 = 400$ °С; $p_2 = 0,004$ МПа.

Отв. $\eta_t = 42,1\%$; $\varepsilon = 14,4\%$.

128. Паротурбинная установка мощностью $N = 200$ МВт работает по циклу Ренкина при начальных параметрах $p_1 = 13$ МПа и $t_1 = 565$ °С. При давлении $p' = 2$ МПа осуществляется промежуточный перегрев пара до первоначальной температуры. Давление в конденсаторе $p_2 = 0,004$ МПа. Температура питательной воды $t_{пв} = 160$ °С.

Определить часовой расход топлива, если теплота сгорания топлива $Q_{н^P} = 29,3$ мДж/кг, а к.п.д. котельной установки $\eta_{к у} = 0,92$.

Отв. $V = 49624$ кг/ч.

129. Проект паротурбинной установки предусматривает следующие условия ее работы: $p_1 = 30$ МПа, $t_1 = 550$ °С; $p_2 = 0,1$ МПа. При давлении $p' = 7$ МПа вводится вторичный перегрев до температуры 540 °С,

Принимая, что установка работает по циклу Ренкина, определить конечную степень сухости пара при отсутствии вторичного перегрева и улучшение термического к.п.д. и конечную сухость пара после применения вторичного перегрева

Отв. $x_2 = 0,782$; $x_3 = 0,928$; $\varepsilon = 3,65\%$.

130. В паровом котле находятся 25 м³ воды при давлении 3,5 МПа и температуре насыщения.

Какое количество пара по массе и объему образовалось бы в котле, если бы давление в нем упало до 0,1 МПа?

Отв. $M = 5651$ кг; $V = 9607$ м³.

131. В пароперегревателе парового котла поступает пар в количестве $D = 20$ т/ч при давлении $p = 4$ МПа и со степенью сухости $x = 0,98$. Количество теплоты, сообщенной пару в пароперегревателе, составляет 11 313 МДж/ч.

Определить температуру пара на выходе из пароперегревателя. Потерями давления в нем пренебречь, считая процесс изобарным.

Отв. $t_{не} = 450$ °С.

132. К 1 кг пара при давлении 0,8 МПа и степени влажности 70% подводится при постоянном давлении 820 кДж теплоты.
 Определить степень сухости, объём и энтальпию пара в конечном состоянии.
 Отв. $x_2 = 0,7$; $v_2 = 0,1682 \text{ м}^3/\text{кг}$; $i_2 = 2154,4 \text{ кДж/кг}$.
133. 1 кг влажного пара при давлении 1,8 МПа и влажности 3% перегревается при постоянном давлении до $t = 400 \text{ }^\circ\text{C}$.
 Определить работу расширения, количество сообщенной теплоты и изменение внутренней энергии.
 Отв. $l = 110,2 \text{ кДж/кг}$; $q = 500 \text{ кДж/кг}$; $\Delta u = 390 \text{ кДж/кг}$.
134. 1 м³ водяного пара при давлении $p_1 = 1 \text{ МПа}$ и $x = 0,65$ расширяется при $p = \text{const}$ до тех пор, пока его удельный объём не станет равным $v_2 = 0,19 \text{ м}^3/\text{кг}$.
 Найти конечные параметры, количество теплоты, участвующей в процессе, работу и изменение внутренней энергии.
 Отв. $x_2 = 0,96$; $Q = 5196 \text{ кДж}$; $L = 581,4 \text{ кДж}$; $\Delta U = 4614,6 \text{ кДж}$.
135. 1,2 м³ влажного пара со степенью сухости $x = 0,8$ расширяется адиабатно от 0,4 до 0,06 МПа.
 Определить степень сухости, объём пара в конце расширения и произведенную им работу.
 Отв. $x = 74 \%$; $V_2 = 6,56 \text{ м}^3$; $L = 743 \text{ кДж}$.
136. Найти по диаграмме i_s адиабатный перепад теплоты и конечное состояние при расширении пара от 1,4 МПа и 300 °С до 0,006 МПа.
 Отв. $h = 900 \text{ кДж/кг}$; $x = 0,825$.
137. Пар с начальным давлением $p_1 = 2 \text{ МПа}$ и температурой $t_1 = 300 \text{ }^\circ\text{C}$ расширяется адиабатно до $p_2 = 0,004 \text{ МПа}$.
 Определить начальные и конечные параметры и работу расширения 1 кг пара.
 Отв. $l_1 = 3019 \text{ кДж/кг}$; $v_1 = 0,1255 \text{ м}^3/\text{кг}$; $i_2 = 2036 \text{ кДж/кг}$; $x = 0,787$;
 $l = 842 \text{ кДж/кг}$.
138. Пар с начальным давлением $p_i = 1,8 \text{ МПа}$ и температурой $t_1 = 340 \text{ }^\circ\text{C}$ расширяется адиабатно до давления $p_2 = 0,006 \text{ МПа}$.
 Определить работу расширения и конечное состояние пара.
 Отв. $l = 815 \text{ кДж/кг}$; $p_2 = 19,5 \text{ м}^3/\text{кг}$; $x_2 = 0,825$.
139. 1 кг пара при давлении $p_1 = 5 \text{ МПа}$ и температуре $t_1 = 400 \text{ }^\circ\text{C}$ расширяется по адиабате до давления 0,05 МПа.
 Найти, пользуясь диаграммой i_s -, температуру и степень сухости для конечного состояния пара, а также адиабатный перепад теплоты.
 Отв. $t_2 = 80 \text{ }^\circ\text{C}$; $x_2 = 0,853$; $h_0 = 888 \text{ кДж/кг}$.
140. 5 кг водяного пара, параметры которого $p_1 = 2 \text{ МПа}$ и $V_1 = 0,5 \text{ м}^3$, расширяются адиабатно до давления $p_2 = 0,2 \text{ МПа}$.
 Определить конечный объём пара, степень сухости его и произведенную им работу.
 Отв. $V_2 = 3,95 \text{ м}^3$; $x_2 = 0,852$; $L = 1780 \text{ кДж}$.
141. Определить теоретическую скорость истечения пара из котла в атмосферу. Давление в котле $p = 0,15 \text{ МПа}$ и $x = 0,95$, Процесс расширения пара считать адиабатным.
 Отв. $c = 360 \text{ м/с}$.
142. Влажный пар с параметрами $p_1 = 1,8 \text{ МПа}$ и $x_1 = 0,92$ вытекает в среду с давлением $p_2 = 1,2 \text{ МПа}$; площадь выходного сечения сопла $f = 20 \text{ мм}^2$.
 Определить теоретическую скорость при адиабатном истечении пара и его секундный расход.
 Отв. $w = 380 \text{ м/с}$; $M = 0,05 \text{ кг/с}$.
143. Найти теоретическую скорость истечения пара из сопла Лавалля для следующих данных: $p_1 = 1,6 \text{ МПа}$, $t_1 = 300 \text{ }^\circ\text{C}$, $p_2 = 0,1 \text{ МПа}$. Процесс расширения пара в сопле считать адиабатным.
 Отв. $w = 1040 \text{ м/с}$.

144. Пар при давлении $p_1 = 10$ МПа и $t_1 = 320$ °С дросселируется до $p_2 = 3$ МПа.

Определить параметры конечного состояния и изменение температуры пара.

Отв. $x_2 = 0,99$; $\Delta t = 85$ °С.

145. Отработавший пар из паровой турбины поступает в конденсатор в количестве 125 т/ч. Состояние отработавшего пара $p_2 = 0,0045$ МПа и $x = 0,89$.

Определить диаметр входного патрубка конденсатора, если скорость пара в нем до $= 120$ м/с.

Отв. $d = 3,22$ м.

146. В паровую турбину подается пар со следующими параметрами: $p_1 = 5,9$ МПа, $t_1 = 400$ °С. В клапанах турбины пар дросселируется до 5,4 МПа и поступает в расширяющиеся сопла, давление за которыми $p_2 = 0,98$ МПа. Расход пара через одно сопло $M = 8000$ кг/ч. Скоростной коэффициент $\varphi = 0,94$.

Определить площади минимального и выходного сечений.

Отв. $f_{\min} = 355$ мм²; $f_{\max} = 546$ мм².

147. На электростанции сжигается топливо с теплотой сгорания $Q_{н^P} = 30$ МДж/кг.

Определить удельный расход топлива на 1 кВт·ч, если известны следующие данные; $\eta_{кy} = 0,8$; $\eta_{п} = 0,97$; $\eta_{т} = 0,4$; $\eta_{oi} = 0,82$; $\eta_{м} = 0,98$; $\eta_{г} = 0,97$.

Определить также удельный расход теплоты на 1 кВт·ч.

Отв. $q = 14,9$ МДж/(кВт·ч); $b = 0,498$ кг/(кВт·ч).

148. Паровая турбина мощностью $N = 25$ МВт работает при начальных параметрах $p_1 = 3,5$ МПа и $t_1 = 400$ °С. Конечное давление пара $p_2 = 0,004$ МПа.

Определить часовой расход топлива при полной нагрузке паровой турбины, если к.п.д. котельной установки $\eta_{кy} = 0,82$, теплота сгорания топлива $Q_{н^P} = 41870$ кДж/кг, температура питательной воды $t_{пв} = 88$ °С. Считать, что турбина работает по циклу Ренкина.

Отв. $V = 6430$ кг/ч.

149. Турбины высокого давления мощностью $N = 100000$ кВт работают на паре при $p_1 = 9$ МПа и $t_1 = 480$ °С, $p_2 = 0,004$ МПа. Определить термический к.п.д. цикла Ренкина для данных параметров, и достигнутое улучшение термического к.п.д. по сравнению с циклом Ренкина для параметров пара: $p_1 = 2,9$ МПа, $t_1 = 400$ °С; $p_2 = 0,004$ МПа.

Отв. $\eta_t = 42,1$ %; $\varepsilon = 14,4$ %.

150. Паротурбинная установка мощностью $N = 200$ МВт работает по циклу Ренкина при начальных параметрах $p_1 = 13$ МПа и $t_1 = 565$ °С. При давлении $p' = 2$ МПа осуществляется промежуточный перегрев пара до первоначальной температуры. Давление в конденсаторе $p_2 = 0,004$ МПа. Температура питательной воды $t_{пв} = 160$ °С.

Определить часовой расход топлива, если теплота сгорания топлива $Q_{н^P} = 29,3$ МДж/кг, а к.п.д. котельной установки $\eta_{кy} = 0,92$.

Отв. $V = 49\ 624$ кг/ч.

Контрольная работа №2 (к разделам теплообмена)

Методические указания по выполнению:

К решению задач контрольного задания следует приступать только после изучения соответствующего раздела курса. Только сознательное (не «механическое») решение задачи приносит пользу и помогает закреплению знаний. Перед выполнением контрольной работы рекомендуется ознакомиться с ходом решения аналогичных задач по учебной литературе. Следует стараться запомнить и примерные величины параметров задачи (исходных и вычисляемых); они также содержат полезную информацию.

Контрольные задачи составлены по стовариантной (численной) системе, в которой к каждой задаче исходные данные выбираются из соответствующих таблиц по **последней и предпоследней цифре шифра** (личного номера) студента-заочника. Вариант работы должен соответствовать шифру студента. **Работы, выполняемые не по своему варианту, не рассматриваются.**

При выполнении контрольных задач необходимо соблюдать следующие условия: а) выписывать условия задачи и исходные данные; б) решение задач сопровождать кратким пояснительным текстом, в котором указывать, какая величина определяется и по какой формуле, какие величины подставляются в формулу и откуда берутся (из условия задачи, из справочника или были определены выше и т.д.); в) вычисления производить в системе СИ, показывать ход решения, проставлять размерности.

После решения задачи нужно дать краткий анализ полученных результатов и сделать выводы. Всегда, если это возможно, нужно осуществлять контроль своих действий и оценивать достоверность полученных численных данных.

Перечень контрольных задач:

Задача 1. По стальной трубе, внутренний и внешний диаметр которой соответственно d_1 и d_2 , а коэффициент теплопроводности $\lambda_1=40$ Вт/(м·К) течет газ со средней температурой t_r ; коэффициент теплоотдачи от газа к стенке α_1 . Снаружи труба охлаждается водой со средней температурой t_b ; коэффициент теплоотдачи от стенки к воде α_2 .

Определить коэффициент теплопередачи K от газа к воде, тепловой поток на 1 м длины трубы q_t и температуры поверхностей трубы. Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из табл. 1. Определить также температуру внешней поверхности трубы и q_t , если она покрылась слоем накипи толщиной $\delta = 2$ мм, коэффициент теплопроводности которой $\lambda_2 = 0,8$ Вт/(м·К) (при $\alpha_2 = \text{const}$).

Таблица 1

Последняя цифра шифра	d_1	d_2	$t_r, ^\circ\text{C}$	Предпоследняя цифра шифра	$t_b, ^\circ\text{C}$	α_1	α_2
	мм					Вт/(м ³ ·К)	
0	100	108	700	0	80	60	4000
1	110	118	800	1	90	54	4200
2	120	130	900	2	100	52	4400
3	130	140	1000	3	110	50	4600
4	140	150	1100	4	120	44	5000
5	150	162	1200	5	130	42	5200
6	160	172	1300	6	140	40	5400
7	170	182	1200	7	150	36	5600
8	180	194	1100	8	160	32	5800
9	190	204	1000	9	170	30	6000

Задача 2. Горячий газ, омывающий снаружи тонкую стальную трубу, имеет среднюю температуру t_r и коэффициент теплоотдачи α_1 . Труба изнутри охлаждается воздухом со средней температурой t_b при давлении $p = 0,1$ МПа.

Определить скорость воздуха, обеспечивающую среднюю температуру стенки трубы не выше t_1 если внутренний диаметр трубы d_1 , толщина ее δ и коэффициент теплопроводности $\lambda = 20$ Вт/(м·К). Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из табл. 2.

Таблица 2

Последняя цифра шифра	$t_r, ^\circ\text{C}$	$\alpha_1, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$t_1, ^\circ\text{C}$	Предпоследняя цифра шифра	$t_b, ^\circ\text{C}$	d_1	δ
						мм	
0	500	20	700	0	15	200	8
1	550	30	800	1	20	180	8

2	600	40	900	2	25	160	7
3	650	50	1000	3	10	140	7
4	700	40	1100	4	15	120	6
5	750	60	1200	5	20	100	6
6	800	50	1300	6	25	80	5
7	850	40	1200	7	20	60	4
8	900	30	1100	8	15	40	3
9	950	20	1000	9	10	20	2

Указание. При решении задачи можно считать стенку плоской.

Задача 3. Определить потери тепла в единицу времени с 1 м длины горизонтально расположенной цилиндрической трубы, охлаждаемой свободным потоком воздуха, если температура стенки трубы t_c , температура воздуха в помещении t_b , а диаметр трубы d . Лучистым теплообменом пренебречь. Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из табл. 3.

Таблица 3

Последняя цифра шифра	$d, \text{мм}$	Предпоследняя цифра шифра	t_c	t_b	Последняя цифра шифра	$d, \text{мм}$	Предпоследняя цифра шифра	t_c	t_b
			°C					°C	
0	200	0	250	15	5	270	5	200	20
1	230	1	240	20	6	300	6	190	15
2	210	2	230	25	7	320	7	180	10
3	240	3	220	35	8	340	8	170	5
4	250	4	210	25	9	360	9	160	0

Задача 4. Определить удельный лучистый тепловой поток q (в ваттах на квадратный метр) между двумя параллельно расположенными плоскими стенками, имеющими температуры t_1 и t_2 и степени черноты ε_1 и ε_2 , если между ними нет экрана. Определить q при наличии экрана со степенью черноты ε_3 (с обеих сторон). Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из табл. 4.

Таблица 4

Последняя цифра шифра	ε_1	ε_2	ε_3	Предпоследняя цифра шифра	t_1	t_2
					°C	
0	0,5	0,6	0,04	0	200	30
1	0,55	0,52	0,045	1	250	35
2	0,6	0,7	0,05	2	300	25
3	0,52	0,72	0,02	3	350	20
4	0,58	0,74	0,03	4	400	40
5	0,62	0,54	0,025	5	450	45
6	0,7	0,58	0,032	6	500	50
7	0,65	0,62	0,055	7	550	55
8	0,75	0,73	0,06	8	600	60
9	0,8	0,77	0,023	9	650	65

Задача 5. Определить поверхность нагрева рекуперативного водовоздушного теплообменника при прямоточной и противоточной схемах движения теплоносителей, если объемный расход воздуха при нормальных условиях V_H , средний коэффициент теплопередачи от воздуха к воде K , начальные и конечные температуры воздуха и воды равны соответственно t_1', t_1'', t_2', t_2'' . Определить также расход воды G через теплообменник. Изобразить графики изменения температур теплоносителей для обеих схем при различных соотношениях их условных эквивалентов.

Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из табл. 5.

Таблица 5

Последняя цифра шифра	$10^{-3}V_H$, м ³ /ч	K , Вт/(м ² ·К)	Предпоследняя цифра шифра	$t_1', ^\circ\text{C}$	$t_1'', ^\circ\text{C}$	$t_2', ^\circ\text{C}$	$t_2'', ^\circ\text{C}$
0	15	18	0	500	250	10	90
1	20	19	1	480	240	15	95
2	25	20	2	460	230	20	100
3	50	21	3	440	210	25	105
4	45	22	4	420	200	30	110
5	40	23	5	400	180	35	115
6	35	24	6	380	160	40	120
7	30	25	7	360	130	45	120
8	55	26	8	340	140	50	130
9	10	27	9	320	120	15	100