

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

**«Ухтинский государственный технический университет»**

**(УГТУ)**

**Решения задач размещены  
на сайте [zadachi24.ru](http://zadachi24.ru)**

## **Теплотехника**

Методические указания

к выполнению контрольной работы

Ухта 2013

УДК 621.1.01:536 (075.8)

М 69

Михайленко Е. В.

Теплотехника [Текст] : метод. указания к выполнению контрольной работы / Е.В. Михайленко – Ухта : УГТУ, 2013. – 16 с.

Методические указания содержат контрольные задания и методику расчета задач для выполнения контрольной работы по дисциплине «Теплотехника» для студентов профиля Лесоинженерное дело направления 250400.62 Технология лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств.

Методические указания рассмотрены и одобрены заседанием кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции от 12 февраля 2013 пр. № 6.

Содержание контрольных заданий соответствует рабочей программе.

Рецензент: Манжиков Анатолий Васильевич, доцент кафедры теплотехники теплогазоснабжения и вентиляции Ухтинского государственного университета.

Редактор: Артеева Л.В., доцент кафедры теплотехники теплогазоснабжения и вентиляции Ухтинского государственного технического университета.

Корректор: Т. К. Шпилёва. Технический редактор: Т. К. Шпилёва.

В контрольных заданиях учтены предложения рецензента и редактора.

План 2013 г., позиция 242. Компьютерный набор.

Подписано в печать 29.03.2013 г.

Объем 16 с. Тираж 100 экз. Заказ № 273.

© Ухтинский государственный технический университет, 2013

169300, Республика Коми, г. Ухта, ул. Первомайская, д. 13.

Типография УГТУ.

169300, Республика Коми, г. Ухта, ул. Октябрьская, д. 13.

## **Содержание**

1. Состав контрольной работы.....	4
2. Задания и методические указания к выполнению контрольной работы .....	5
Библиографический список.....	14
Приложение А.....	15
Приложение Б.....	16
Приложение В.....	16

## **1. Состав контрольной работы**

Целью контрольной работы является закрепление знаний полученных при изучении курса, а также проработка вопросов выделенных под самостоятельную работу студента.

Контрольную работу необходимо выполнить на листах формата А4 в печатном или рукописном варианте. Поля: слева – 3 см, справа – 1 см, сверху – 1,5 см, снизу – 2 см. Необходимо выполнить нумерацию страниц, расположение номера страницы – внизу по центру. Шрифт Times New Roman, размер – 14 кегль, начертание шрифта – обычный, межстрочный интервал – полуторный.

На титульном листе контрольной работы необходимо указать: название вуза, кафедры, учебной дисциплины, фамилию и инициалы студента, номер его зачетной книжки, курс, номер группы.

При оформлении задач полностью переписывается условие с выбранными числовыми данными. Производится расчет с указанием формул и расшифровкой входящих в них обозначений и указанием единиц международной системы (СИ).

Зашита контрольной работы производится после возвращения ее преподавателем с пометкой «к защите».

## 2. Задания и методические указания к выполнению контрольной работы

### Задача № 1

Определить газовую постоянную, кажущуюся молекулярную массу, плотность и удельный объем при нормальных условиях для смеси идеальных газов, объемное содержание которых задано.

Также определить количество теплоты для изобарного нагревания газовой смеси от  $t_1$  до  $t_2$ , если задан общий начальный объем этой смеси  $V_{cm}$ .

Исходные данные для расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные к задаче № 1

Последняя цифра шифра	$P_l$ , бар	$V_{cm}$ , м <sup>3</sup>	$t_1$ , °C	$t_2$ , °C	Предпоследняя цифра шифра	Объемный состав смеси			
						N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
0	1	50	100	500	0	70	20	10	-
1	3	60	200	600	1	70	-	10	20
2	5	70	300	700	2	60	10	-	30
3	7	80	400	600	3	50	-	10	40
4	8	90	100	400	4	40	5	-	55
5	2	40	200	500	5	30	20	-	50
6	4	30	300	600	6	20	10	-	70
7	6	20	400	700	7	50	-	5	45
8	8	10	100	500	8	45	5	50	-
9	10	100	200	600	9	10	-	20	70

### Методика решения задачи № 1

Молекулярная масса природного газа  $\mu_m$ , кмоль, определяется по уравнению:

$$\mu_m = \sum_{i=1}^n r_i \mu_i , \quad (1)$$

где  $\mu_i$  – молекулярная масса компонентов смеси;

$r_i$  – молярная (объемная) концентрация компонентов смеси.

Газовая постоянная смеси определяется по уравнению:

$$R_{cm} = \frac{R}{\mu_m} . \quad (2)$$

Из уравнения Клапейрона при нормальных условиях  $t_{\text{н.у}} = 0^\circ\text{C}$  и  $P_{\text{н.у}} = 0,1013 \text{ МПа}$  определяем удельный объем  $v_{cm}$ ,  $\text{м}^3/\text{кг}$ , и плотность смеси  $\rho_{cm}$ ,  $\text{кг}/\text{м}^3$ :

$$v_{cm} = \frac{R_{cm} T_{\text{н.у}}}{P_{\text{н.у}}} , \quad (3)$$

$$\rho_{cm} = \frac{1}{v_{cm}} . \quad (3')$$

Определяем количество теплоты  $Q$ , Дж, для изобарного нагревания массы газовой смеси от  $t_1$  до  $t_2$ :

$$Q = m_{cm} \cdot c_{pm} \cdot \frac{t_2 - t_1}{t_1} . \quad (4)$$

Из уравнения Клапейрона определяем массу газовой смеси  $m_{cm}$ , кг:

$$m_{cm} = \frac{R_{cm} T_{cm}}{P_{cm} V_{cm}} . \quad (5)$$

Температуру газовой смеси  $T_{cm}$ ,  $^\circ\text{C}$ , определяем как среднее значение начальной  $t_1$ ,  $^\circ\text{C}$ , и конечной  $t_2$ ,  $^\circ\text{C}$ , температур:

$$T_{cm} = \frac{t_1 + t_2}{2} . \quad (6)$$

Массовая изобарная теплоемкость смеси  $c_{pm}$ , Дж/кг·К, в интервале температур от  $t_1$  до  $t_2$

$$c_{pm} = \frac{\frac{c_{pm} \cdot t_2 - c_{pm} \cdot t_1}{t_2 - t_1}}{\frac{0}{t_2 - t_1}} , \quad (7)$$

$$c_{pm} = \sum_{i=1}^n g_i \cdot c_{pm_i}^{t_1} \quad \text{и} \quad c_{pm} = \sum_{i=1}^n g_i \cdot c_{pm_i}^{t_2} . \quad (8)$$

где  $c_{pm}^{t_1}$ ,  $c_{pm}^{t_2}$  – массовая изобарная теплоемкость смеси газа при начальной температуре  $t_1$  и конечной температуре  $t_2$ , Дж/кг·К;

$c_{pm_i}^{t_1}$ ,  $c_{pm_i}^{t_2}$  – с массовые изобарные теплоемкости компонентов смеси газа при начальной температуре  $t_1$  и конечной температуре  $t_2$ , Дж/кг·К (Приложение А), [2];

$g_i$  – массовая концентрация компонентов смеси.

Массовая концентрация компонентов смеси определяется по уравнению:

$$g_i = \frac{\mu_i}{\mu_m} r_i . \quad (9)$$

### Задача № 2

Газ массой  $m$ , кг, расширяется политропно, с показателем политропы  $n$  от начального состояния с параметрами  $P_1$ , МПа, и  $t_1$ , °C, до конечного давления  $P_2$ , МПа. Определить теплоту  $Q$ , Дж, работу  $L$ , Дж, изменение внутренней энергии  $\Delta U$ , Дж, энтальпии  $\Delta H$ , Дж, и энтропии  $\Delta S$ , Дж, в процессе. Считать, что теплоемкость в процессе остается неизменной ( $c_n = \text{const}$ ).

Исходные данные для расчета представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Исходные данные к задаче № 2

Последняя цифра шифра	Газ	$m$ , кг	$n$	Предпоследняя цифра шифра	$P_1$ , МПа	$t_1$ , °C	$P_2$ , МПа
0	N <sub>2</sub>	10	1,0	0	0,2	10	0,8
1	O <sub>2</sub>	20	1,1	1	0,4	15	2,0
2	H <sub>2</sub>	30	1,2	2	0,6	20	3,0
3	CO <sub>2</sub>	40	1,3	3	0,8	25	6,4
4	N <sub>2</sub>	50	1,4	4	1,0	30	8,0
5	O <sub>2</sub>	60	1,0	5	1,2	50	12,0
6	H <sub>2</sub>	70	1,1	6	1,4	70	14,0
7	CO <sub>2</sub>	80	1,2	7	1,6	100	16,0
8	N <sub>2</sub>	90	1,3	8	1,8	120	18,0
9	O <sub>2</sub>	100	1,4	9	2,0	140	20,0

### Методика решения задачи № 2

Определяем количество теплоты  $Q_{1,2}$ , Дж, для политропного нагревания массы газа от  $t_1$  до  $t_2$ :

$$Q = mC_n(T_2 - T_1). \quad (10)$$

Температуру газа в конечном состоянии  $T_2$ , °C, определяем из уравнения политропного процесса:

$$T_2 = T_1 \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \quad (11)$$

Теплоемкость политропного процесса  $C_n$ , Дж/кг·К, определяем по формуле:

$$C_n = C_{vm} \frac{n-k}{n-1}, \quad (12)$$

где  $k$  – показатель адиабаты,  $k = 1,4$ .

Массовую изохорную теплоемкость  $C_{vm}$ , Дж/кг·К, определяем из уравнения Майера:

$$C_{vm} = C_{pm} - \bar{R}, \quad (13)$$

где  $C_{pm}$  – массовая изобарная теплоёмкость газа, Дж/кг·К (Приложение А.1), [2];

$\bar{R}$  – газовая постоянная, Дж/кг·К.

Работу расширения политропного процесса  $L$ , Дж, определяем по формуле:

$$L = \frac{m\bar{R}(T_1 - T_2)}{n-1}. \quad (14)$$

Изменение внутренней энергии в процессе  $\Delta U$ , Дж, определяем по формуле:

$$\Delta U = mC_{vm}(T_1 - T_2) \quad (15)$$

Изменение энтальпии в процессе  $\Delta H$ , Дж, определяем по формуле:

$$\Delta H = mC_{vm}(T_1 - T_2). \quad (16)$$

Изменение энтропии в процессе  $\Delta S$ , Дж, определяем по формуле:

$$\Delta S = mC_n \ln \frac{T_2}{T_1}. \quad (17)$$

### Задача № 3

1 кг воздуха совершают работу в цикле Карно при температурах верхнего  $t_1$  и нижнего  $t_3$  источника тепла. Наивысшее давление составляет  $P_1$ , а наименьшее –  $P_3$ . Определить параметры в характерных точках цикла, работу цикла  $l_{ц}$ , количество подведенной  $q_1$  и отведенной  $q_2$  теплоты и термический к.п.д. цикла ( $\eta_{ц}$ ). Показатель адиабаты для воздуха принять равным  $k = 1,41$ . Изобразить цикл на  $Pv$ - и  $Ts$ -диаграммах.

Исходные данные для расчета представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Исходные данные к задаче № 3

Последняя цифра шифра	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_3, ^\circ\text{C}$	Предпоследняя цифра шифра	$P_1, \text{МПа}$	$P_3, \text{МПа}$
0	600	25	0	5	0,10
1	700	24	1	5	0,11
2	800	23	2	7	0,12
3	900	22	3	8	0,13
4	1000	21	4	9	0,12
5	1100	20	5	10	0,11
6	1200	19	6	11	0,10
7	1300	180	7	12	0,12
8	1400	170	8	13	0,11
9	1500	160	9	14	0,10

### Методика решения задачи № 3

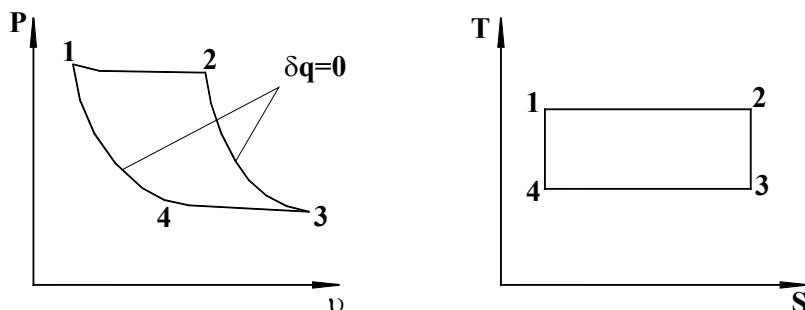


Рисунок 1. Цикл Карно на  $Pv$ - и  $Ts$ -диаграммах

Прямой цикл Карно состоит из двух изотермических и двух адиабатных процессов. Определение параметров в характерных точках цикла будет опираться на расчетные уравнения, описывающие эти термодинамические процессы.

Определяем термодинамические параметры  $P, T, v$  в точке 1. Согласно условию задачи в данной точке известны давление и температура. Следовательно, необходимо определить удельный объем.

Удельный объем  $v_1, \text{м}^3/\text{кг}$ , определяем из уравнения Клайперона:

$$v_1 = \frac{\bar{R}T_1}{P_1}. \quad (18)$$

Характеристическую газовую постоянную  $\bar{R}$ , Дж/кг, определяем из уравнения:

$$\bar{R} = \frac{R}{\mu}. \quad (19)$$

Определяем термодинамические параметры  $P$ ,  $T$ ,  $v$  в точке 2. Так как процесс 1-2 изотермический ( $T = \text{const}$ ), поэтому  $T_2 = T_1$ .

Процесс 2-3 является адиабатным ( $q_{2,3} = 0$ ), поэтому  $P_2$ , МПа находим из уравнения адиабатного процесса:

$$\frac{P_2}{P_3} = \left( \frac{T_2}{T_3} \right)^{\frac{k}{k-1}}, \quad (20)$$

$$P_2 = P_3 \left( \frac{T_2}{T_3} \right)^{\frac{k}{k-1}}. \quad (20')$$

Удельный объем  $v_2$ , м<sup>3</sup>/кг, определяем из уравнения изотермического процесса 1-2:

$$P_1 v_1 = P_2 v_2, \quad (21)$$

$$v_2 = \frac{P_1 v_1}{P_2}. \quad (21')$$

Определяем термодинамические параметры  $P$ ,  $T$ ,  $v$  в точке 3. Согласно условию задачи в данной точке известны давление и температура. Следовательно, необходимо определить удельный объем.

Удельный объем  $v_3$ , м<sup>3</sup>/кг, определяем из уравнения Клайперона:

$$v_3 = \frac{\bar{R} T_3}{P_3}. \quad (22)$$

Определяем термодинамические параметры  $P$ ,  $T$ ,  $v$  в точке 4. Так как процесс 3-4 изотермический ( $T = \text{const}$ ), поэтому  $T_4 = T_3$ .

Процесс 4-1 является адиабатным ( $q_{4,1} = 0$ ), поэтому  $P_3$ , МПа, находим из уравнения адиабатного процесса:

$$\frac{P_1}{P_4} = \left( \frac{T_1}{T_4} \right)^{\frac{k}{k-1}}. \quad (23)$$

$$P_4 = \frac{P_1}{\left( \frac{T_1}{T_4} \right)^{\frac{k}{k-1}}}. \quad (23')$$

Удельный объем  $v_4$ , м<sup>3</sup>/кг, определяем из уравнения изотермического процесса 3-4:

$$P_3 v_3 = P_4 v_4, \quad (24)$$

$$v_4 = \frac{P_3 v_3}{P_4}. \quad (24')$$

Подведенное количество тепла (процесс 1-2)  $q_{1,2}$ , кДж/кг, определяем по формуле:

$$q_{1,2} = \bar{R} T_1 \ln \frac{v_2}{v_1}. \quad (25)$$

Отведенное количество тепла (процесс 3-4)  $q_{3,4}$ , кДж/кг, определяем по формуле:

$$q_{3,4} = \bar{R} T_3 \ln \frac{v_3}{v_4}. \quad (26)$$

Полезную работу цикла  $l_u$ , кДж/кг, определяем по формуле

$$l_u = q_{1,2} - q_{3,4} \quad (27)$$

Термический к.п.д. цикла  $\eta_u$ , определяем по формуле

$$\eta_u = \frac{l_u}{q_{1,2}}. \quad (28)$$

#### Задача № 4

Определить плотность теплового потока  $q$ , Вт/м<sup>2</sup>, передаваемого теплопроводностью через двухслойную плоскую стенку: первый слой толщиной  $\delta_c$  – лист металла, который покрыт плоским слоем изоляции толщиной  $\delta_u$ . Температуры внешних поверхностей  $tc_1$  и  $tc_2$ .

Исходные данные для расчета представлены в таблице 3.

Таблица 4 – Исходные данные к задаче № 4

Последняя цифра шифра	Материал стенки	Толщина стенки, $\delta_c$ , мм	$tc_1$ , °C	$tc_2$ , °C	Предпоследняя цифра шифра	Материал изоляции	Толщина изоляции, $\delta_u$ , мм
1	2	3	4	5	6	7	8
0	Медь	2	180	50	0	Асбест	20
1	Алюминий	3	170	60	1	Картон	40

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8
2	Сталь	4	160	40	2	Резина	10
3	Чугун	5	150	30	3	Асбест	30
4	Латунь	3	170	40	4	Картон	50
5	Медь	2	170	50	5	Резина	20
6	Алюминий	4	160	40	6	Асбест	30
7	Сталь	5	150	60	7	Картон	40
8	Чугун	6	130	40	8	Резина	10
9	Латунь	4	160	50	9	Стекловата	20

#### Методика решения задачи № 4

В этом случае плотность теплового потока  $q$ , Вт/м<sup>2</sup>, определяется по формуле:

$$q = \frac{t_{c1} - t_{c(n+1)}}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}} \quad (29)$$

где  $\delta_i$  – толщина  $i$ -того слоя, м;

$\lambda_i$  – коэффициент теплопроводности  $i$ -того слоя, Вт/м·К (Приложение Б), [2].

#### Задача № 5

Определить площадь поверхности нагрева газоводяного рекуперативного теплообменника, работающего по противоточной схеме. Греющий теплоноситель – дымовые газы с начальной температурой  $t_e'$  и конечной  $t_e''$ . Расход воды через теплообменник –  $G_e$ , начальная температура воды –  $t_w'$ , конечная –  $t_w''$ . Коэффициент теплоотдачи от газов к стенке трубы –  $\alpha_e$  и от стенки трубы к воде –  $\alpha_w$ . Теплообменник выполнен из стальных труб с наружным диаметром  $d = 50$  мм и толщиной стенки  $\delta = 4$  мм. Коэффициент теплопроводности стали  $\lambda = 62$  Вт/(м·К). Стенку считать чистой с обеих сторон.

Исходные данные для расчета представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Исходные данные к задаче № 5

Послед- няя циф- ра шифра	$\alpha_e$ , Вт/ (м <sup>2</sup> ·К)	$\alpha_e$ , Вт/ (м <sup>2</sup> ·К)	$G$ , кг/ч	Предпо- следняя цифра шифра	$t'_e$ , °C	$t''_e$ , °C	$t'_e$ , °C	$t''_e$ , °C
0	10	500	500	0	18	90	520	330
1	15	800	600	1	20	95	550	340
2	20	1000	700	2	25	90	600	360
3	25	1200	800	3	20	95	500	350
4	30	1500	700	4	18	90	520	340
5	10	1800	650	5	22	95	550	370
6	15	1300	550	6	20	90	600	360
7	20	1100	450	7	18	95	510	340
8	25	900	600	8	16	90	550	320
9	30	700	900	9	14	95	600	380

### Методика решения задачи № 5

Площадь поверхности газоводяного теплообменного аппарата  $F$ , м<sup>2</sup>, определяем из уравнения теплопередачи:

$$Q_2 = K \cdot F \cdot \Delta t_{cp} , \quad (30)$$

$$F = \frac{Q_2}{K \cdot \Delta t_{cp}} . \quad (30')$$

где  $K$  – коэффициент теплопередачи через поверхность, Вт;

$\Delta t_{cp}$  – среднее по поверхности значение температурного напора, °C;

$Q_2$  – количество теплоты переданное холодному теплоносителю, Дж/с.

среднее по поверхности значение температурного напора  $\Delta t_{cp}$ , °C, определяем по следующей формуле:

$$\Delta t_{cp} = \frac{(t'_e - t''_e) - (t''_e - t'_e)}{\ln \frac{t'_e - t''_e}{t''_e - t'_e}} . \quad (31)$$

где  $t'_e$ ,  $t''_e$  – начальная и конечная температура греющего теплоносителя, °C;

$t'_e$ ,  $t''_e$  начальная и конечная температура нагреваемого теплоносителя, °C.

Коэффициент теплопередачи через поверхность  $K$ , Вт/м<sup>2</sup>·К, определяем по формуле:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_e} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}}. \quad (32)$$

Количество теплоты, переданное холодному теплоносителю,  $Q_2$ , Дж/с, определяем по формуле:

$$Q_2 = G_2 \cdot C_{pm}^{t_e''} (t_e'' - t_e'). \quad (33)$$

Массовую изобарную теплоемкость воды  $C_{pm}^{t_e''}$ , Дж/кг·К, в интервале температур от  $t_e'$  от  $t_e''$  определяем по формуле:

$$C_{pm}^{t_e''} = \frac{C_{pm1} \cdot t_e' - C_{pm2} \cdot t_e''}{t_e' - t_e''}. \quad (34)$$

где  $C_{pm1}$ ,  $C_{pm2}$  – массовая изобарная теплоемкость воды при  $t_e'$  и  $t_e''$  соответственно, Дж/кг·К (Приложение В), [2].

### Библиографический список

1. Теплотехника : учеб. для студентов техн. спец. высш. учеб. заведений / под ред. В. Н. Луканина. – 5-е изд., испр. – М. : Высшая школа, 2003. – 671 с.
2. Колесников И. М. Сборник задач по термодинамике физико-химических процессов. В 2 т. Т. 2. Решение задач : учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / И. М. Колесников. – М. : Нефть и газ, 2009. – 753 с.
3. Кудинов В. А.. Техническая термодинамика : учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов. – 3-е изд. испр. – М. : Высшая школа, 2003. – 261 с.

## Приложение А

Таблица А.1 – Теплоемкость газов

$t,$ $^{\circ}\text{C}$	Водород, $\text{H}_2$		Кислород, $\text{O}_2$		Двухокись углерода, $\text{CO}_2$		Азот, $\text{N}_2$	
	$C_{pm},$ $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$	$C_{vm},$ $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$	$C_{pm},$ $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$	$C_{vm},$ $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$	$C_{pm},$ $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$	$C_{vm},$ $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$	$C_{pm},$ $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$	$C_{vm},$ $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$
-50	13,808	9,684	0,9102	0,6502	0,7612	0,5723	1,0387	0,7419
-25	14,030	9,606	0,9115	0,6515	0,7896	0,6008	1,0387	0,7419
0	14,189	10,065	0,9136	0,6536	0,8173	0,6284	1,0387	0,7419
25	14,298	10,174	0,9169	0,6569	0,8436	0,6548	1,0392	0,7423
50	14,365	10,241	0,9215	0,6615	0,8688	0,6799	1,0400	0,7432
75	14,407	10,283	0,9265	0,6665	0,8926	0,7038	1,0408	0,7440
100	14,436	10,312	0,9328	0,6728	0,9156	0,7268	1,0421	0,7444
125	14,457	10,333	0,9399	0,6799	0,9374	0,7486	1,0438	0,7465
150	14,474	10,350	0,9473	0,6873	0,9575	0,7687	1,0459	0,7490
175	14,486	10,362	0,9550	0,6950	0,9764	0,7875	1,0484	0,7515
200	14,499	10,375	0,9630	0,7030	0,9948	0,8060	1,0517	0,7549
250	14,516	10,392	0,9180	0,7189	1,0291	0,8403	1,0597	0,7628
300	14,532	10,408	0,9948	0,7348	1,0601	0,8713	1,0693	0,7725
350	14,553	10,429	1,0098	0,7498	1,0881	0,8993	1,0798	0,7829
400	14,578	10,454	1,0237	0,7637	1,1137	0,9249	1,0911	0,7942
450	14,616	10,492	1,0362	0,7762	1,1371	0,9483	1,1036	0,8068
500	14,658	10,534	1,0480	0,7880	1,1585	0,9697	1,1158	0,8189
550	14,712	10,588	1,0588	0,7988	1,1782	0,9893	1,1279	0,8311
600	14,779	10,665	1,0689	0,8089	1,1962	1,0073	1,1396	0,8428
650	14,855	10,371	1,0781	0,8181	1,2125	1,0237	1,1510	0,8541
700	14,938	10,814	1,0860	0,8260	1,2276	1,0387	1,1618	0,8633
750	15,026	10,902	1,0932	0,8332	1,2414	1,0526	1,1723	0,8754
800	15,118	10,902	1,0999	0,8399	1,2544	1,0655	1,1824	0,8555

## Приложение Б

Таблица Б.1 – Коэффициент теплопроводности некоторых веществ,  $\lambda$ ,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$

Вещество	Температура	Коэффициент теплопроводности, $\lambda$ , $\frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$
<b>Металлы и сплавы</b>		
Алюминий	20	204
Латунь	0	106
Медь	20	394
Сталь	0	62
Чугун	100	50
<b>Различные материалы</b>		
Асбест	20-700	0,13
Резина	20	0,13-0,17
Стекловата	20-500	0,16
Картон	20	0,14-0,35

## Приложение В

Таблица В.1 – Теплоемкость воды при атмосферном давлении  $C_{pm}$ ,  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,00731	1,00645	1,00564	1,00492	1,00423	1,00361	1,00306	1,00253	1,00205	1,00162
10	1,00122	1,00086	1,00053	1,00021	0,99995	0,99969	0,99947	0,99926	0,99907	0,98890
20	0,99876	0,99861	0,99850	0,99840	0,99830	0,99821	0,99814	0,99807	0,99802	0,99797
30	0,99795	0,99792	0,99790	0,99790	0,99787	0,99787	0,99790	0,99790	0,99792	0,99795
40	0,99797	0,99799	0,99804	0,99809	0,99811	0,99818	0,99823	0,99828	0,99835	0,99840
50	0,99847	0,99854	0,99864	0,99871	0,99878	0,99888	0,99897	0,99907	0,99916	0,99926
60	0,88836	0,99947	0,99957	0,99969	0,99981	0,99993	1,00007	1,00019	1,00033	1,000345
70	0,00060	1,00074	1,00088	1,00105	1,00119	1,00136	1,00153	1,00170	1,00186	1,00205
80	1,00222	1,00241	1,00260	1,00279	1,00301	1,00320	1,00342	1,00363	1,00385	1,00408
90	1,00430	1,00454	1,00478	1,00502	1,00528	1,00554	1,00580	1,00607	1,0633	1,00662
100	1,00688	–	–	–	–	–	–	–	–	–