

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Ухтинский государственный технический университет»
(УГТУ)

**Решения задач размещены
на сайте 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, междустрочный 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).

Защита 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 $V_{см}$.

Исходные данные для расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные к задаче № 1

| Последняя цифра шифра | P_l , бар | $V_{см}$, м ³ | t_1 , °C | t_2 , °C | Предпоследняя цифра шифра | Объемный состав смеси | | | |
|-----------------------------|----------------|------------------------------|---------------|---------------|------------------------------|--------------------------|----------------|----------------|-----------------|
| | | | | | | N ₂ | O ₂ | H ₂ | CO ₂ |
| 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 μ_m , кмоль, определяется по уравнению:

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

где μ_i – молекулярная масса компонентов смеси;

r_i – молярная (объемная) концентрация компонентов смеси.

Газовая постоянная смеси определяется по уравнению:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

c_{pm_i} , c_{pm_i} – 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 , °С, до конечного давления P_2 , МПа. Определить теплоту Q , Дж, работу L , Дж, изменение внутренней энергии ΔU , Дж, энтальпии ΔH , Дж, и энтропии ΔS , 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 , °С | P_2 , МПа |
|-----------------------|-----------------|----------|-----|---------------------------|-------------|------------|-------------|
| 0 | N ₂ | 10 | 1,0 | 0 | 0,2 | 10 | 0,8 |
| 1 | O ₂ | 20 | 1,1 | 1 | 0,4 | 15 | 2,0 |
| 2 | H ₂ | 30 | 1,2 | 2 | 0,6 | 20 | 3,0 |
| 3 | CO ₂ | 40 | 1,3 | 3 | 0,8 | 25 | 6,4 |
| 4 | N ₂ | 50 | 1,4 | 4 | 1,0 | 30 | 8,0 |
| 5 | O ₂ | 60 | 1,0 | 5 | 1,2 | 50 | 12,0 |
| 6 | H ₂ | 70 | 1,1 | 6 | 1,4 | 70 | 14,0 |
| 7 | CO ₂ | 80 | 1,2 | 7 | 1,6 | 100 | 16,0 |
| 8 | N ₂ | 90 | 1,3 | 8 | 1,8 | 120 | 18,0 |
| 9 | O ₂ | 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 , °С, 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 ΔU , Дж, определяем по формуле:

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

Изменение энтальпии в процессе ΔH , Дж, определяем по формуле:

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

Изменение энтропии в процессе ΔS , Дж, определяем по формуле:

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

Задача № 3

1 кг воздуха совершает работу в цикле Карно при температурах верхнего t_1 и нижнего t_3 источника тепла. Наивысшее давление составляет P_1 , а наинизшее – 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

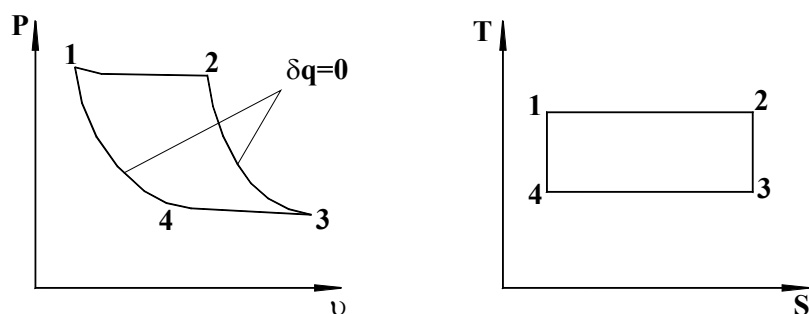


Рисунок 1. Цикл Карно на Pv - и Ts -диаграммах

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 , м³/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 , м³/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 , м³/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 η_u , определяем по формуле

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

Задача № 4

Определить плотность теплового потока q , Вт/м², передаваемого теплопроводностью через двухслойную плоскую стенку: первый слой толщиной δ_c – лист металла, который покрыт плоским слоем изоляции толщиной δ_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, δ_c , мм | tc_1 , °C | tc_2 , °C | Предпо- следняя цифра шифра | Материал изоляции | Тол- щина изоля- ции, δ_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/м², определяется по формуле:

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

где δ_i – толщина i -того слоя, м;

λ_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'_g и конечной t''_g . Расход воды через теплообменник – G_w , начальная температура воды – t'_w , конечная – t''_w . Коэффициент теплоотдачи от газов к стенке трубы – α_g и от стенки трубы к воде – α_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

| Последняя цифра шифра | α_2 , Вт/(м ² ·К) | α_6 , Вт/(м ² ·К) | G , кг/ч | Предпоследняя цифра шифра | t'_6 , °С | t''_6 , °С | t'_2 , °С | t''_2 , °С |
|-----------------------|--|--|---------------|---------------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| 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 газовой теплообменной аппаратуры F , м², 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;

Δt_{cp} – среднее по поверхности значение температурного напора, °С;

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

среднее по поверхности значение температурного напора Δt_{cp} , °С, определяем по следующей формуле:

$$\Delta t_{cp} = \frac{(t'_2 - t''_6) - (t''_2 - t'_6)}{\ln \frac{t'_2 - t'_6}{t''_2 - t''_6}}. \quad (31)$$

где t'_2 , t''_2 – начальная и конечная температура греющего теплоносителя, °С;

t'_6 , t''_6 начальная и конечная температура нагреваемого теплоносителя, °С.

Коэффициент теплопередачи через поверхность K , Вт/м²·К, определяем по формуле:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_6}}. \quad (32)$$

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

$$Q_2 = G_2 \cdot C_{pm}^{t_6^{II}} (t_6^{II} - t_6^I). \quad (33)$$

Массовую изобарную теплоемкость воды $C_{pm}^{t_6^{II}}$, Дж/кг·К, в интервале температур от t_6^I от t_6^{II} определяем по формуле:

$$C_{pm}^{t_6^{II}} = \frac{C_{pm1} \cdot t_6^I - C_{pm2} \cdot t_6^{II}}{t_6^I - t_6^{II}}. \quad (34)$$

где C_{pm1} , C_{pm2} – массовая изобарная теплоемкость воды при t_6^I и t_6^{II} 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

| $t, \text{ }^{\circ}\text{C}$ | Водород, H_2 | | Кислород, O_2 | | Двуокись углерода, CO_2 | | Азот, 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, $\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ |
|---------------------|-------------|---|
| Металлы и сплавы | | |
| Алюминий | 20 | 204 |
| Латунь | 0 | 106 |
| Медь | 20 | 394 |
| Сталь | 0 | 62 |
| Чугун | 100 | 50 |
| Различные материалы | | |
| 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 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |