



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция»

## **Сборник задач** по дисциплине

# **«Введение в профессиональ- ную деятельность»**

Авторы  
Василенко В. В.



Ростов-на-Дону, 2019

## Аннотация

Методические указания для выполнения контрольной работы по дисциплине «Введение в профессиональную деятельность».

Приведены задания и примеры решения задач по основным разделам дисциплины «Введение в профессиональную деятельность».

Предназначены для бакалавров заочной формы обучения по направлению 08.03.01 «Строительство», профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция».

## Авторы

к.т.н., доцент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция»  
Василенко В. В.



## Оглавление

|  |    |
|--|----|
| 1. Алгоритм выбора варианта контрольной работы.                |    |
| Требования к оформлению контрольной работы.....                | 4  |
| 2. Основные законы и уравнения состояния идеальных газов ..... | 5  |
| 2.1 Задание.....   | 5  |
| 2.2 Пример решения.....  | 5  |
| 3. Работа газа при изменении объема.....                       | 6  |
| 3.1 Задание.....   | 6  |
| 3.2 Пример решения.....  | 6  |
| 4. Газовые смеси .....   | 6  |
| 4.1 Задание.....   | 6  |
| 4.2 Пример решения.....  | 6  |
| 5. Теплопередача через плоскую стенку .....                    | 7  |
| 5.1 Задание.....   | 7  |
| 5.2.1 Пример решения.....                                      | 8  |
| 5.2.2 Пример решения.....                                      | 9  |
| Литература.....  | 11 |

## 1 Алгоритм выбора варианта контрольной работы. Требования к оформлению контрольной работы

Вариант задания для решения задачи каждого раздела методического указания, принимается из таблицы задания в строке, соответствующей последней цифре номера зачетной книжки. При решении задачи используется пример решения в соответствующем разделе.

Контрольная работа выполняется в ученической тетради. На обложку тетради наносится наклейка следующего образца

*Донской государственный технический университет*  
факультет «Инженерно-строительный»

Заочная форма обучения

=====

Студент \_\_\_\_\_ Адрес \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

группа \_\_\_\_\_ Шифр \_\_\_\_\_  
(номер зачетной книжки)

**Контрольная работа № \_\_\_\_\_**  
по \_\_\_\_\_  
за \_\_\_\_\_ курс

## 2. Основные законы и уравнения состояния идеальных газов

### 2.1 Задание

Задание приведено в таблице 2.1

Таблица 2.1

| Шифр              | 1   | 2    | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 0   |
|-------------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| t, °C             | 130 | 140  | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 | 210 | 220 | 230 |
| p, МПа            | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
| V, м <sup>3</sup> | 3   | 3,5  | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  |

**2.2 Пример решения.** Какой объем займет кислород при температуре  $t=150^{\circ}\text{C}$  и давлении  $p=0,3\text{МПа}$ , если при нормальных физических условиях он занимает  $V=4\text{м}^3$ ?

Р е ш е н и е:

Под нормальными физическими условиями понимают состояние газа при  $p = 760 \text{ мм рт. ст.}$  и  $t = 0^{\circ}\text{C}$ . Уравнение состояния идеального газа для нормальных физических условий и для физических условий данной задачи

$$m = \frac{p_1 \cdot V_1}{R \cdot T_1} = \frac{p_{\text{н.у.}} \cdot V_{\text{н.у.}}}{R \cdot T_{\text{н.у.}}} \Rightarrow V_1 = \frac{T_1 \cdot p_{\text{н.у.}} \cdot V_{\text{н.у.}}}{p_1 \cdot T_{\text{н.у.}}}$$

Абсолютное давление:

$$p_{\text{н.у.}} = 760 \cdot 133,3 = 101308 \text{ Па} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па};$$

$$p_1 = 0,3 \text{ МПа} = 0,3 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Абсолютная температура:

$$T_{\text{н.у.}} = 273,15 \text{ К};$$

$$T_1 = 150 + 273,15 = 423,15^{\circ}\text{C}$$

Подставим значения  $p_{\text{н.у.}}$ ,  $p_1$ ,  $T_{\text{н.у.}}$ ,  $T_1$  в формулу для расчета объема при заданных условиях

$$V_1 = \frac{423,15 \cdot 1,013 \cdot 10^5 \cdot 4}{0,3 \cdot 10^6 \cdot 273,15} = 2,09 \text{ м}^3.$$

**Ответ:**  $V = 2,09 \text{ м}^3$ .

### 3. Работа газа при изменении объема

#### 3.1 Задание

Задание приведено в таблице 3.1

Таблица 3.1

| Шифр                  | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6    | 7    | 8    | 9    | 0    |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| $V, \text{м}^3$       | 300 | 330 | 380 | 420 | 450 | 480  | 500  | 530  | 550  | 600  |
| $t_1, ^\circ\text{C}$ | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
| $t_2, ^\circ\text{C}$ | 22  | 24  | 26  | 28  | 30  | 32   | 34   | 36   | 38   | 40   |
| $p, \text{кПа}$       | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 |

**3.2 Пример решения.** Газ, занимающий объем  $V_1 = 460 \text{ л}$  при температуре  $t_1 = 7^\circ\text{C}$ , нагрели до  $t_2 = 22^\circ\text{C}$ . Найти работу  $L$ , Дж, совершенную газом, если давление не менялось и было равно  $p = 999 \text{ кПа}$ .

**Решение:**

Давление газа не менялось, значит, был совершен изобарный процесс ( $p = \text{const}$ ). Причем из условия задачи понятно, что газ нагревают, значит его объем увеличится, поэтому, происходило изобарное расширение. Работу газа  $L$  в таком случае можно найти по формуле:

$$L = p \cdot (V_2 - V_1).$$

Конечный объем газа  $V_2$  неизвестен, но его можно выразить из закона Гей-Люссака:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow V_2 = \frac{0,46 \cdot (22 + 273,15)}{(7 + 273,15)} = 0,485 \text{ м}^3.$$

Переведем начальный объем газа  $V_1$  в систему СИ:  $460 \text{ л} = 0,460 \text{ м}^3$

Абсолютная температура:

$$T = t + 273,15 \text{ К.}$$

Работа газа  $L$ :

$$L = 999 \cdot 10^3 \cdot (0,485 - 0,460) = 24975 \text{ Дж} = 24,975 \text{ кДж.}$$

### 4. Газовые смеси

#### 4.1 Задание

Задание приведено в таблице 4.1

**4.2 Пример решения.** В состав газовой смеси входят: 5 кг кислорода, 3 кг азота и 2 кг двуокиси углерода. Считая все газы идеальными, определить, какой объем займет смесь при давлении  $p_{\text{см}} = 2 \text{ бара}$  и температуре  $t_{\text{см}} = 127^\circ\text{C}$ .

**Решение:**

Масса смеси

$$m_{\text{см}} = m_{\text{O}_2} + m_{\text{N}_2} + m_{\text{CO}_2} = 5 + 3 + 2 = 10 \text{ кг}$$

Массовые доли смеси

$$g_i = m_i / m_{\text{см}},$$

где  $m_i$ , – масса  $i$  – того компонента смеси газов, кг;  $m_{\text{см}}$  – масса смеси, кг.

$$g_{\text{O}_2} = 0,5; g_{\text{N}_2} = 0,5; g_{\text{CO}_2} = 0,2.$$

Газовая постоянная смеси

$$R_{\text{см}} = \sum_{i=1}^n g_i \cdot R_i = 0,5 \cdot \frac{8314}{32} + 0,3 \cdot \frac{8314}{28} + 0,2 \cdot \frac{8314}{44} = 256,8 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}),$$

$$\text{где } R_i = \frac{R_{\mu}}{\mu};$$

$R_{\mu} = 8314 \text{ Дж}/(\text{кмоль} \cdot \text{К})$  – универсальная газовая постоянная;

$\mu$  – молярная масса, кг/кмоль

Объем смеси

$$V_{\text{см}} = \frac{m_{\text{см}} \cdot R_{\text{см}} \cdot T_{\text{см}}}{p_{\text{см}}} = \frac{10 \cdot 256,8 \cdot (127 + 273,15)}{2 \cdot 10^5} = 5,1 \text{ м}^3.$$

**Ответ:**  $V_{\text{см}} = 5,1 \text{ м}^3$ .

Таблица 4.1

| Шифр                   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 0   |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $m_{\text{O}_2}$ , кг  | 4   | 5   | 6   | 9   | 6   | 9   | 7   | 2   | 10  | 9   |
| $m_{\text{N}_2}$ , кг  | 3   | 4   | 3   | 5   | 3   | 3   | 2   | 5   | 5   | 5   |
| $m_{\text{CO}_2}$ , кг | 1   | 3   | 1   | 4   | 2   | 7   | 5   | 6   | 4   | 1   |
| $p_{\text{см}}$ , бар  | 2   | 2,5 | 3   | 3,5 | 4   | 4,5 | 5   | 5,5 | 6   | 6,5 |
| $t_{\text{см}}$ , °C   | 110 | 115 | 120 | 125 | 130 | 135 | 140 | 145 | 150 | 155 |

## 5. Теплопередача через плоскую стенку

### 5.1 Задание

Задание приведено в таблицах 5.1 и 5.2.

Таблица 5.1

| Шифр                   | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 0    |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $t_1$ , °C             | 1100 | 1150 | 1200 | 1250 | 1300 | 1350 | 1400 | 1450 | 1500 | 1600 |
| $t_3$ , °C             | 70   | 75   | 80   | 85   | 90   | 95   | 100  | 110  | 120  | 130  |
| $\delta_1$ , мм        | 200  | 220  | 240  | 260  | 280  | 300  | 320  | 340  | 360  | 380  |
| $\delta_2$ , мм        | 400  | 420  | 440  | 460  | 480  | 500  | 550  | 600  | 650  | 700  |
| $\lambda_1$ , Вт/(м·К) | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| $\lambda_2$ , Вт/(м·К) | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |

**5.2.1 Пример решения.** Температуры на внешних поверхностях двухслойной стенки  $t_1 = 1300^\circ\text{C}$  и  $t_3 = 75^\circ\text{C}$ , толщины первого и второго слоя  $\delta_1 = 225\text{мм}$  и  $\delta_2 = 425\text{мм}$ , коэффициенты теплопроводности материала стенок  $\lambda_1 = 1,5 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$  и  $\lambda_2 = 1,2 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ . Определить величину удельного теплового потока  $q$ ,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ , температуру на границе слоев,  $t_2$ ,  $^\circ\text{C}$  и коэффициент теплопроводности эквивалентной стенки  $\lambda_{\text{экв.}}$ ,  $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ .

Решение:

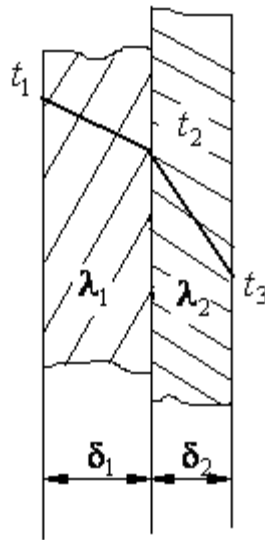


Рисунок 5.1 – Двухслойная плоская стенка

Термические сопротивления стенок определяем по формуле:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}.$$

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,225}{1,5} = 0,15(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}; \quad R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,425}{1,2} = 0,35(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}.$$

Суммарное термическое сопротивление:

$$R_{\Sigma} = R_1 + R_2 = 0,15 + 0,35 = 0,5(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$$

Удельный тепловой поток:

$$q = \frac{t_1 - t_3}{R_{\Sigma}} = \frac{1300 - 75}{0,5} = 2450 \text{ Вт}/\text{м}^2.$$



Температуру на границе слоев можно выразить из:

$$q = \frac{t_1 - t_2}{R_1} \Rightarrow t_2 = t_1 - q \cdot R_1;$$

$$t_2 = 1300 - 2450 \cdot 0,15 = 932,5^\circ \text{C}.$$

Коэффициент теплопроводности эквивалентной стенки:

$$\lambda_{\text{экв.}} = \frac{\delta_1 + \delta_2}{R_{\Sigma}} = \frac{0,225 + 0,425}{0,5} = 1,3 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}.$$

**Ответ:**  $q=2350 \text{ Вт/м}^2$ ,  $t_2=932,5^\circ\text{C}$ ,  $\lambda_{\text{экв.}} = 1,3 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ .

**5.2.2 Пример решения.** Плоская стенка состоит из трех слоев толщиной  $\delta_1=100 \text{ мм}$ ,  $\delta_2=80 \text{ мм}$  и  $\delta_3=50 \text{ мм}$ , коэффициенты теплопроводности слоев соответственно равны  $\lambda_1=2 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ,  $\lambda_2= 8 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$  и  $\lambda_3=10 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ . Второй слой имеет температуры поверхностей  $t_{\text{сл1}}=120^\circ\text{C}$  и  $t_{\text{сл2}}=45^\circ\text{C}$ . Определить температуры наружных поверхностей  $t_{\text{ст1}}$  и  $t_{\text{ст2}}$ .

Р е ш е н и е:

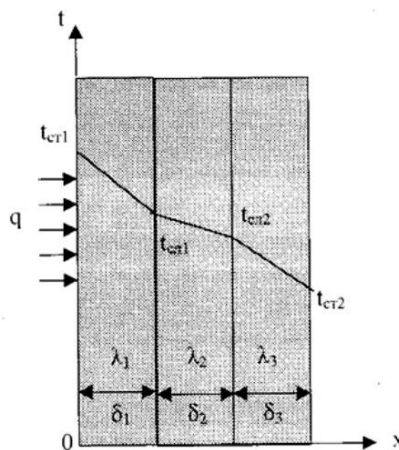


Рисунок 5.2 – Трехслойная плоская стенка

Полное термическое сопротивление теплопроводности трехслойной стенки равно сумме термических сопротивлений слоев:

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,1}{2} = 0,05(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт};$$

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,08}{8} = 0,01(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт};$$

$$R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0,05}{10} = 0,005(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}.$$

$$R_{\Sigma} = R_1 + R_2 + R_3 = 0,05 + 0,01 + 0,005 = 0,065(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}.$$

Поверхностная плотность теплового потока постоянна для каждого из слоев и выражается через параметры любого слоя:

$$q = \frac{t_{\text{ст1}} - t_{\text{сл1}}}{R_1} = \frac{t_{\text{сл1}} - t_{\text{сл2}}}{R_2} = \frac{t_{\text{сл2}} - t_{\text{ст2}}}{R_3};$$

$$q = \frac{t_{\text{сл1}} - t_{\text{сл2}}}{R_2} = \frac{120 - 45}{0,01} = 7500 \text{Вт}/\text{м}^2.$$

Выразим искомые температуры наружных поверхностей стенок:

$$t_{\text{ст1}} = t_{\text{сл1}} + q \cdot R_1 = 120 + 7500 \cdot 0,05 = 495^\circ \text{C};$$

$$t_{\text{ст2}} = t_{\text{сл2}} - q \cdot R_3 = 45 - 7500 \cdot 0,005 = 7,5^\circ \text{C}.$$

Величину  $q$  можно выразить также через суммарное термическое сопротивление стенки:

$$q = \frac{t_{\text{ст1}} - t_{\text{ст2}}}{\Sigma R} = \frac{495 - 7,5}{0,065} = 7500 \text{Вт}/\text{м}^2.$$

Это выражение можно использовать для проверки правильности расчетов!

**Ответ:**  $t_{\text{ст1}} = 495^\circ \text{C}$ ,  $t_{\text{ст2}} = 7,5^\circ \text{C}$ .

Таблица 5.2

| Шифр   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 0   |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $t_{\text{сл1}}, ^\circ\text{C}$               | 125 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 | 210 |
| $t_{\text{сл2}}, ^\circ\text{C}$               | 40  | 45  | 50  | 55  | 60  | 65  | 70  | 75  | 80  | 90  |
| $\delta_1, \text{мм}$                          | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 200 |
| $\delta_2, \text{мм}$                          | 80  | 100 | 90  | 80  | 75  | 70  | 65  | 60  | 55  | 50  |
| $\delta_3, \text{мм}$                          | 60  | 90  | 30  | 40  | 50  | 65  | 60  | 50  | 45  | 35  |
| $\lambda_1, \text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  |
| $\lambda_2, \text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  |
| $\lambda_3, \text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  |

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дементий Л.В., Кузнецов А.А., Менафова Ю.В. Сборник задач по технической термодинамике и теплопередаче. – Краматорск: ДГМА, 2002. - 260 с.
2. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин, А.Е. Техническая термодинамика. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 496 с.
3. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача. - М.: «Книга по Требованию», 2012. – 496 с.