

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего профессионального образования**  
**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**  
**(МИИТ)**

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

Кафедра «Теплоэнергетика и водоснабжение на железнодорожном транспорте»

Автор: Павлов Ю.Н., кандидат военных наук

Приложение 1 к рабочей программе

**ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ**  
**И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЮ ПО УЧЕБНОЙ**  
**ДИСЦИПЛИНЕ**

**ОСНОВЫ ГИДРАВЛИКИ И ТЕПЛОТЕХНИКИ**

Направление/специальность: 270800.62 Строительство

(код, наименование специальности /направления)

Профиль/специализация: Промышленное и гражданское строительство

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: заочная (сокр)

	Одобрена на заседании кафедры «Теплоэнергетика и водоснабжение на железнодорожном транспорте» Протокол № _____ « ____ » _____ 20 ____ г. Зав. кафедрой _____ Р.А. Кузьминский (подпись, Ф.И.О.)
--	---

Москва 2013 г.

## ВВЕДЕНИЕ

Контрольная работа нацелена на повышение эффективности и практической направленности обучения студентов. Выполнение контрольной работы содержит элементы исследования и способствует выработке навыков в принятии обоснованных инженерно-технических решений.

Контрольные работы проводятся для проверки степени усвоения текущего учебного материала. Учебной программой изучения дисциплины «Основы гидравлики и теплотехники» предусматривается выполнение 1 контрольной работы, которая содержит решение задач по следующим разделам:

Раздел 1 «Основы гидравлики»;

Раздел 2 «Основы теплотехники».

По разделу 1 необходимо решить 5 задач, по разделу 2 необходимо решить 5 задач.

Студент выбирает задачи по таблице вариантов – соответственно последней цифре своего учебного шифра.

Обучаемые в часы самостоятельной работы знакомятся с заданием, изучают рекомендованную учебную литературу.

Учебные вопросы задания отрабатываются методом самостоятельного выполнения обучаемыми расчетно-графических задач.

Контроль степени усвоения учебного материала проводится методом проверки правильности выполнения обучаемыми индивидуальных заданий (контрольной работы).

Следует учитывать, что контрольная работа может быть оформлена либо письменно на бумажном носителе, либо в электронно-цифровой форме (на диске, дискете). При представлении для рецензирования контрольной работы на электронном носителе (диске, дискете) студент обязан распечатать на бумажном носителе титульный лист установленной формы и приложить к нему диск (дискету) с содержанием работы. Титульный лист подписывается студентом, на нем производится регистрация работы. На титульном листе преподавателем проставляется отметка о допуске к защите и приводится рецензия контрольной работы.

Все отмеченные рецензентом ошибки должны быть исправлены, а сделанные указания выполнены.

К экзамену студент допускается только после получения зачета по контрольным работам.

## Раздел 1 «ОСНОВЫ ГИДРАВЛИКИ»

### Задача 1.1

*Задание.*

Для приема дополнительного объема воды, получающегося в процессе ее расширения при нагревании, к системе водяного отопления в верхней ее точке присоединяют расширительные резервуары, сообщающиеся с атмосферой.

Определить необходимый объем расширительного резервуара при нагревании воды от 10 до 90°C.

Коэффициент температурного расширения воды принять равным  $\beta_t = 0,00045 \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$ . Объем воды в системе  $W$ .

Исходные данные	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$W, \text{ м}^3$	2,2	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0

*Методические указания к решению задачи 1.1.*

Для определения необходимого объема расширительного резервуара следует использовать формулу коэффициента температурного расширения

$$\beta_t = \frac{\Delta W}{W \Delta t},$$

где  $\Delta W$  - изменение объема жидкости;

$W$  - первоначальный объем жидкости;

$\Delta t$  - изменение температуры.

### Задача 1.2

*Задание.*

Прямоугольный поворотный щит (рис. 1.2) шириной  $B = 4 \text{ м}$  и высотой  $H$  закрывает выпускное отверстие плотины. Справа от щита уровень воды  $H_1$  слева  $H_2$ , плотность воды  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

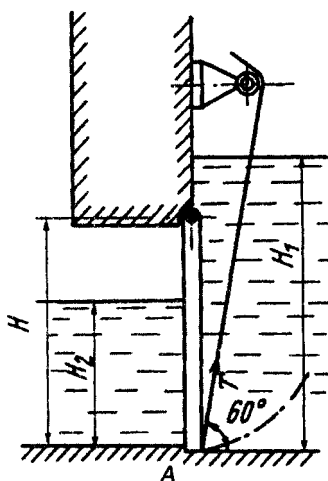


Рис. 1.2

1. Определить начальную силу  $T$  натяжения троса, необходимую для открытия щита, если пренебречь трением в цапфах.
2. С какой силой  $P$  щит прижимается к порогу  $A$  в закрытом положении, если принять, что по боковым сторонам щита опоры отсутствуют?
3. Построить результирующую эпюру гидростатического давления на щит, предварительно построив эпюры давления на щит слева и справа.

Исходные данные	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$H$ , м	4,5	3,5	3,0	4,7	4,0	3,0	2,5	3,5	3,0	4,0
$H_1$ , м	6,0	5,0	4,0	5,8	5,2	3,8	4,2	4,8	4,5	5,5
$H_2$ , м	3,2	2,5	2,0	3,0	2,8	1,8	1,5	2,0	2,2	1,5

*Методические указания к решению задачи 1.2.*

Нужно составить уравнение моментов сил, действующих на щит, относительно оси поворота щита и из него найти силу натяжения троса  $T$

$$Tl = P_1 l_1 - P_2 l_2,$$

где  $P_1$  и  $P_2$  - силы давления, действующие на щит справа и слева;  $l_1$  и  $l_2$  - плечи сил  $P_1$  и  $P_2$  относительно оси поворота щита;  $l$  - плечо силы натяжения троса.

Для определения величин  $l_1$  и  $l_2$  необходимо найти точки приложения (центры давления) сил  $P_1$  и  $P_2$ .

Плечо силы  $T$ , как катет, лежащий против угла  $30^\circ$ , составляет половину высоты отверстия плотины ( $l = H/2$ ). Величину силы  $P_A$  определяют из уравнения моментов сил относительно той же оси поворота щита

$$P_A H = P_1 l_1 - P_2 l_2.$$

### Задача 1.3

*Задание.*

На рис. 1.3 представлен водомер Вентури (участок трубы с плавным сужением потока), предназначенный для измерения расхода протекающей по трубопроводу жидкости.

Определить расход  $Q$ , если разность уровней в трубках дифференциального ртутного манометра  $h$ , диаметр трубы  $d_1$  диаметр горловины (сужения)  $d_2$ . Потерями напора в водомере пренебречь.

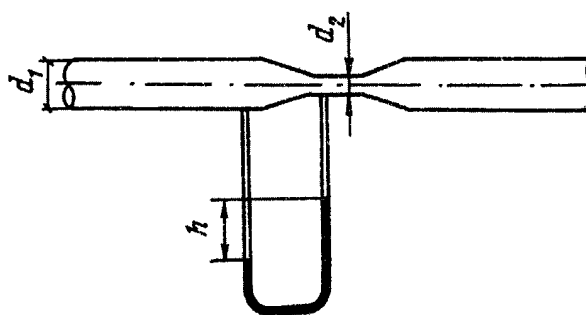


Рис. 1.3

Исходные данные	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$D_1$ , мм	150	100	125	200	250	50	75	100	150	200
$D_2$ , мм	50	25	32	75	50	15	20	32	75	50
$h$ , см	10	15	12	8	20	10	12	16	9	18

*Методические указания к решению задачи 1.3.*

Следует написать уравнение Бернулли для широкого и узкого сечений водомера Вентури относительно горизонтальной плоскости сравнения, проходящей по оси трубопровода. Выразив в этом уравнении скорости в трубе  $V_1$  через скорость в горловине

$V_2$  и приняв  $\alpha_1=\alpha_2=1$ , получить из него формулу для разности пьезометрических высот в сечении 1 и 2

$$\frac{P_1 - P_2}{\gamma}.$$

Затем, составив уравнение равновесия давлений относительно горизонтальной плоскости, проходящей через уровень ртути в левом колене дифманометра, выразить разность пьезометрических высот  $\frac{P_1 - P_2}{\gamma}$  через показания ртутного манометра  $h$ ,

учитывая, что отношение удельных весов ртути и воды  $\gamma_p/\gamma_v=13,6$ , и из этого выражения получить формулу для определения искомого расхода.

#### Задача 1.4

*Задание.*

Определить давление  $p_1$  в узком сечении трубопровода (рис. 1.4, сечение 1-1) при следующих условиях: давление в широкой его части равно  $p_2$ , расход воды, протекающей по трубопроводу  $Q$ , диаметры труб узкого и широкого сечений соответственно  $d_1$  и  $d_2$ .

Режим движения в трубопроводе - турбулентный.

Трубопровод горизонтален.

Удельный вес воды принять равным  $\gamma=10 \text{ кН/м}^3$ .

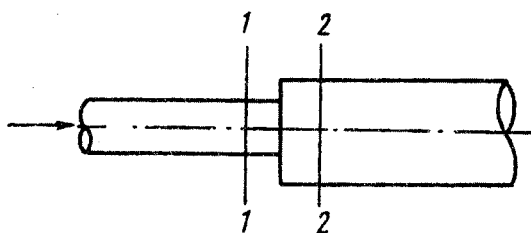


Рис. 1.4

Исходные данные	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p_2$ , кПа	50	60	80	20	30	45	40	70	80	100
$Q$ , л/с	10	6	15	12	8	5	2	10	7	20
$d_1$ , мм	50	32	100	50	32	25	15	75	50	100
$d_2$ , мм	150	75	200	125	100	50	32	125	100	250

*Методические указания к решению задачи 1.4.*

Задача решается на основе уравнения Бернулли, составленного для сечения 1-1 и 2-2 (рис. 1.4).

Потерю напора на внезапное расширение считать равной

$$h_{1-2} = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g},$$

где  $V_1$  и  $V_2$  - средние скорости движения потока в сечениях 1-1 и 2-2, которые следует предварительно определить.

#### Задача 1.5

*Задание.*

Определить потери давления на длине  $l$  при движении по трубе диаметром  $d$  воды и воздуха с расходом  $Q$  при температуре  $10^\circ\text{C}$ .

Эквивалентная шероховатость трубы  $k_s = 0,1$  мм.

Как изменятся эти потери с увеличением температуры до  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

Плотность и вязкость воды и воздуха при указанных температурах соответственно равны:

$$\begin{aligned} \rho_{\text{в}10} &= 1000 \text{ кг/м}^3; & \nu_{\text{в}10} &= 0,0131 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}; \\ \rho_{\text{возд}10} &= 1,23 \text{ кг/м}^3; & \nu_{\text{возд}10} &= 0,147 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}; \\ \rho_{\text{в}80} &= 972 \text{ кг/м}^3; & \nu_{\text{в}80} &= 0,0037 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}; \\ \rho_{\text{возд}80} &= 0,99 \text{ кг/м}^3; & \nu_{\text{возд}80} &= 0,217 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}. \end{aligned}$$

Исходные данные	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$L$ , м	300	10	15	20	25	50	100	150	200	250
$d$ , мм	200	15	20	25	32	50	75	100	125	150
$Q$ , л/с	100	0,5	0,8	1,0	2,0	4,0	15	25	40	50

*Методические указания к решению задачи 1.5.*

Потери давления на трение по длине трубопровода следует определить по формуле Дарси

$$\Delta p = \lambda \frac{l}{d} \rho \frac{V^2}{2},$$

где  $V$  - средняя скорость движения потока;

$\lambda$  - коэффициент гидравлического трения, учитывающий влияние вязкости жидкости и шероховатость стенок трубы на потерю напора по длине и определяемый по различным формулам в зависимости от зоны (области) сопротивления, в которой работает трубопровод.

При ламинарном течении

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}},$$

где  $\text{Re} = \frac{Vd}{\nu}$  число Рейнольдса.

При значении критерия зоны турбулентности  $\frac{Vk_s}{\nu} \leq 10$  величину  $\lambda$  следует определять по формуле Блазиуса

$$\lambda = \frac{0,3164}{\text{Re}^{0,25}}.$$

При  $10 < \frac{Vk_s}{\nu} \leq 500$  величину  $\lambda$  следует определять по формуле Альтшуля

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{68}{\text{Re}} + \frac{k_s}{d} \right)^{0,25}.$$

При  $\frac{Vk_s}{\nu} > 500$  величину  $\lambda$  следует определять по формуле Шифринсона

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{k_s}{d} \right)^{0,25}.$$

## Раздел 2 «ОСНОВЫ ТЕПЛОТЕХНИКИ»

### Задача 2.1

*Задание.*

Определить подъемную силу воздушного шара, наполненного водородом, если объем его на поверхности земли равен  $V$  при давлении  $p=750$  мм рт.ст. и температуре  $t$ .

Исходные данные	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$V, \text{м}^3$	1.0	1.1	1.3	1.5	1.4	1.25	1.15	1.05	1.45	1.35
$t, ^\circ\text{C}$	12	11	14	16	18	17	13	19	20	15

*Методические указания к решению задачи 2.1.*

Подъемная сила воздушного шара, наполненного водородом, равна разности сил тяжести (весов) воздуха и водорода в объеме шара:

$$G = G_{\text{возд}} - G_{\text{H}_2}$$

Необходимо силу тяжести в приведенной формуле выразить через массу и ускорение силы тяжести, а массы воздуха и водорода в шаре соответственно через плотность и объем.

Значения плотностей воздуха и водорода могут быть определены из уравнения состояния:

$$\frac{1}{V} = \rho = \frac{p}{R \cdot T}$$

### Задача 2.2

*Задание.*

Смесь газов состоит из водорода и воздуха. Массовая доля водорода равна  $m_{\text{H}_2}$ . Определить газовую постоянную смеси и ее удельный объем при нормальных условиях.

Исходные данные	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$m_{\text{H}_2}, \%$	6.08	5.92	7.41	6.67	8.42	9.25	6.35	7.27	8.62	9.38

*Методические указания к решению задачи 2.2.*

Газовая постоянная смеси определяется из уравнения:

$$R_{\text{см}} = \sum_i^n m_i \cdot R_i$$

Удельный объем газовой смеси определяем из характеристического уравнения  $p \cdot v = R \cdot T$  для нормальных условий.

### Задача 2.3

*Задание.*

В закрытом сосуде емкостью  $V=0,5 \text{ м}^3$  содержится воздух при давлении  $p_1$  и температуре  $t_1$ . В результате охлаждения сосуда воздух, содержащийся в нем, теряет  $Q=100$  кДж. Принимая теплоемкость воздуха постоянной, определить какое давление  $p_2$  и температура  $t_2$  устанавливаются после этого в сосуде.

Исходные данные	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$p_1, \text{бар}$	5.0	4.8	4.7	4.9	5.1	5.2	4.6	5.5	5.3	5.4

$t_1, ^\circ\text{C}$	22	23	24	20	18	19	21	19	20	25
-----------------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

*Методические указания к решению задачи 2.3.*

Масса газа в сосуде определяется из уравнения состояния:

$$M = \frac{p \cdot V}{R \cdot T}$$

Количество тепла, отводимого от воздуха в процессе, определяется уравнением:

$$Q = M \cdot c_{vm} \cdot (t_2 - t_1), \text{ откуда находим } t_2.$$

Давление в сосуде после охлаждения воздуха находим из соотношения между начальными и конечными параметрами давления и температуры, характерного для изохорного процесса.

#### Задача 2.4

*Задание.*

Компрессор всасывает  $100 \text{ м}^3/\text{ч}$  воздуха при давлении  $p_1$ . Конечное давление воздуха составляет  $p_2$ . Определить мощность двигателя в кВт для привода компрессора при изотермическом сжатии.

Исходные данные	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$p_1$ , бар	1	1,2	1,5	1,6	1,7	1,4	1,8	1,9	2,0	2,1
$p_2$ , $^\circ\text{C}$	8	8,2	8,5	9	10	9,5	11	11,2	12	12,2

*Методические указания к решению задачи 2.4.*

Для определения мощности приводного двигателя необходимо определить работу компрессора при изотермическом сжатии.

Мощность двигателя определяется по формуле:

$$N = \frac{l}{1000 \cdot 3600}, \text{ где } l - \text{ работа компрессора в Дж/ч}$$

#### Задача 2.5

*Задание.*

Кислород из сосуда с постоянным давлением  $p_1$  и температурой  $t_1$  вытекает в атмосферу через трубку с внутренним диаметром 15 мм. Наружное давление  $p_2 = 1$  бар. Процесс истечения газа – адиабатный. Определить скорость истечения воздуха и его секундный расход.

Исходные данные	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$p_1$ , бар	90	100	120	90	110	70	1.4	1.5	1.6	1.8
$t_1$ , $^\circ\text{C}$	15	20	21	18	25	30	26	17	14	22

*Методические указания к решению задачи 2.5.*

Определяется соотношение  $p_2/p_1$ . Если  $p_2/p_1 \leq (p_2/p_1)_{кр}$ , то скорость истечения определяется по формуле:

$$C_{кр} = 1,08 \cdot \sqrt{R \cdot T_1}, \text{ а секундный расход равен:}$$



$$M_{\max} = 0.686 \cdot f \sqrt{\frac{p_1}{\nu_1}}, \text{ где } f - \text{выходное сечение (площадь) сопла в м}^2;$$

$\nu_1$  – удельный объем газа на входе в сопло (трубку) в м<sup>3</sup> (определяется из уравнения  $p\nu=R \cdot T$ )

При  $p_2/p_1 \geq (p_2/p_1)_{\text{кр}}$  для определения скорости истечения применяется формула:

$$c = \sqrt{2 \cdot \frac{k}{k-1} \cdot p_1 \cdot \nu_1 \cdot \left[ 1 - \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}, \text{ где } k - \text{показатель адиабаты}$$

$$M = f \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{k}{k-1} \cdot \frac{p_1}{\nu_1} \cdot \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{2}{k}} - \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}$$

## Приложения к разделу 1 «Гидравлика»

### Приложение 1

Значения кинематического коэффициента вязкости воды при различной температуре

$t, ^\circ\text{C}$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
$\nu, \text{см}^2/\text{с}$	0,0178	0,0131	0,0101	0,009	0,0066	0,0058	0,0048	0,0040	0,0036	0,0030

### Приложение 2

Значения коэффициента  $\zeta_{\text{вс}}$

$n=\omega_2/\omega_1$	0,01	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\zeta_{\text{вс}}$	0,41	0,4	0,38	0,36	0,4	0,3	0,27	0,2	0,16	0,1	0