

## Перечень контрольных задач по МЖГ

### Задача 1

Условие:

Давление в газовом баллоне, расположенном зимой на открытой площадке при температуре  $t_1C$  составляло  $P_1$  Па. После внесения баллона в помещение с температурой  $t_2C$  давление в нем увеличилось до  $P_2$ .

Определить давление в баллоне после его нагрева в помещении и на сколько процентов оно выросло в сравнении с исходным.

Решение:

Дано

$t_1C =$

$t_2C =$

$P_1$  Па =

Найти:

$P_2$  Па =

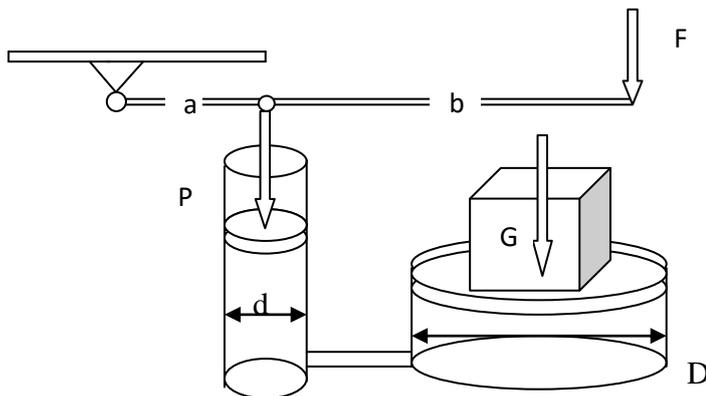
Вариант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Параметр										
$t_1C$	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	-20
$t_2C$	18	23	24	22	20	18	20	22	24	26
$P_1$ МПа	10	12	11	13	12,5	11,5	13,5	14	12	10

Прим.: номер варианта – по последней цифре зачётной книжки студента

## Задача 2

Гидравлический домкрат имеет диаметр большого поршня  $D$  мм и диаметр малого поршня  $d$  мм. КПД домкрата  $\eta$ . Плечи рычага:  $a$  м,  $b$  м.

Определить усилие  $F$ , которое нужно приложить к концу рычага, чтобы поднять груз  $G$



Дано:

$D=$ ,  $d=$

$a=$

$b=$

$G=$

$\eta=$

Решение:

Найти:

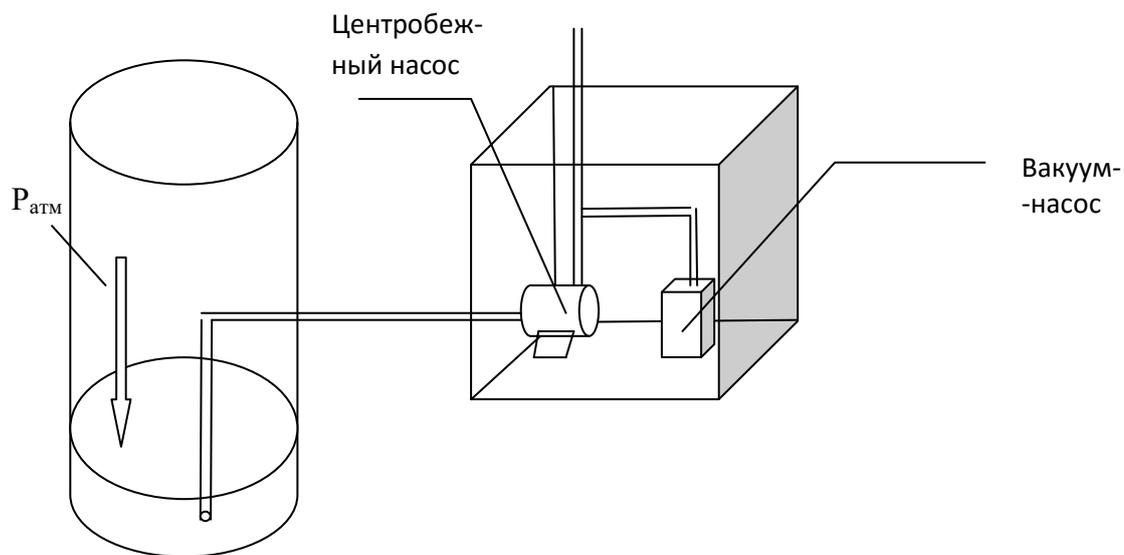
$F$ , кН

Вариант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Параметр										
$a$ , м	0.18	0.17	0.16	0.18	0.19	0.2	0.21	0.19	0.18	0.17
$b$ , м	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.1	1.0
$G$ , кН	20	21	22	21	22	23	24	25	25	24
$\eta$ (кпд)	0,8	0,75	0,8	0,75	0,82	0,81	0,76	0,8	0,8	0,8
$d$ мм	6	8	10	12	14	12	10	8	8	6
$D$ мм	250	250	260	260	300	280	280	260	240	240

Прим.: номер варианта – по последней цифре зачётной книжки студента

### Задача 3

Для заполнения центробежного насоса водой перед его запуском установлен вакуум-насос. Какой необходимо создать вакуум, если верх корпуса центробежного насоса находится над уровнем воды в резервуаре на расстоянии  $H$  ?



Дано:  
 $H =$   
 $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$

Решение:

Найти:  
 $P_{\text{вак}} - ?$

Вариант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Параметр										
$H, \text{ м}$	3,5	3,4	3,3	3,2	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	3,4

Прим.: номер варианта – по последней цифре зачётной книжки студента

## ГИДРОСТАТИКА

### Задача 4

Определить необходимый объем  $W$  воздушного шара, наполненного светильным газом, из условия подъема груза весом  $G$  с шаром  $G$

Дано:

$$\rho_{\text{возд}} = 1,23 \text{ кг/м}^3$$

$G =$

$\rho_{\text{газа}} =$

Найти:

$W, \text{ м}^3 - ?$

Решение:

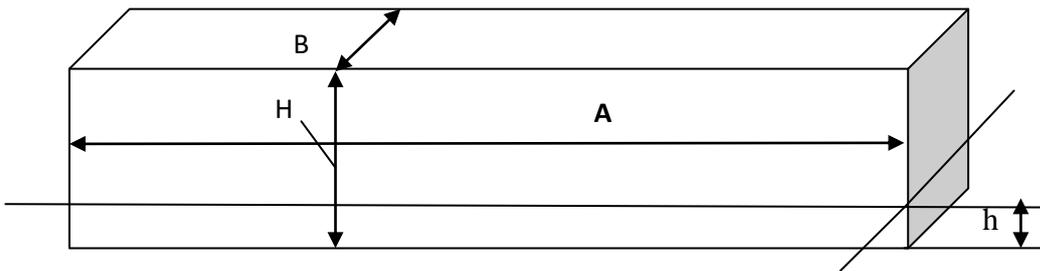
Вариант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Параметр										
$G, \text{ кН}$	10	9,9	9,8	9,7	9,6	9,5	9,4	9,3	9,2	9,1
$\rho_{\text{газа}}, \text{ кг/м}^3$	0,515	0,517	0,514	0,513	0,510	0,518	0,520	0,521	0,518	0,515

Прим.: номер варианта – по последней цифре зачётной книжки студента

### Задача 5

Толстостенный пенопластовый лист размером  $A \times B$  и толщиной  $H$  плавает на воде, погружившись на глубину  $h$

Определить вес листа и плотность пенопласта



Дано:

$A \times B \times H =$

$h =$

Найти:

$G, \rho - ?$

Решение:

Вариант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Параметр										
$h, \text{ мм}$	16	17	18	19	20	21	20	22	23	25
$A, \text{ м}$	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45	1,42	1,5	1,5	1,5

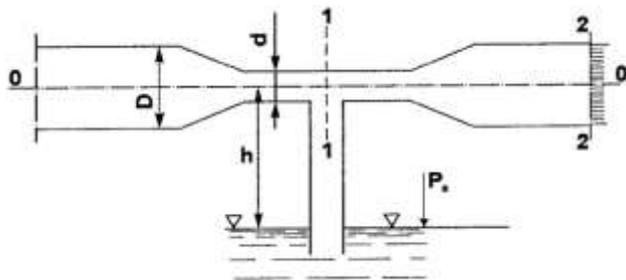
В, м	0,6	0,65	0,70	0,65	0,7	0,75	0,72	0,75	0,75	0,8
Н, м	0,1	0,08	0,09	0,12	0,15	0,15	0,14	0,15	0,16	0,2

Прим.: номер варианта – по последней цифре зачётной книжки студента

## ГИДРОДИНАМИКА

### Задача 6

Определить диаметр  $d$  суженной части горизонтального трубопровода, при котором вода поднимается на высоту  $h$  при расходе  $Q$  м<sup>3</sup>/с и диаметре  $D=0,1$  м



Вариант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
h, м	3,5	3,4	3,2	3,1	2,9	2,8	2,7	2,5	3,6	3,0
D, м	0,12	0,125	0,13	0,135	0,14	0,145	0,142	0,15	0,15	0,15
Q, м <sup>3</sup> /с	0,006	0,0065	0,0070	0,0065	0,007	0,0075	0,0072	0,0075	0,0075	0,008

Прим.: номер варианта – по последней цифре зачётной книжки студента

### Пример решения

Сечение 1-1 принимается в суженной части трубы, где нужно определить диаметр  $d$ , сечение 2-2 – на выходе из расширенной части трубы, где давление равно атмосферному  $P_2=P_0$ . Плоскость сравнения совмещают с осью трубы, тогда  $Z_1=Z_2=0$ . Уравнение Бернулли получим в виде

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_a}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}$$

Чтобы вода поднялась из резервуара на высоту  $h$ , удельная энергия давления на поверхности воды в резервуаре  $\frac{P_a}{\rho g}$  должна быть на величину  $h$  выше, чем удельная энергия давления в сечении 1-1, т.е.

$$\frac{P_a}{\rho g} = \frac{P_1}{\rho g} + h$$

Решая совместно эти уравнения, получим

$$\frac{v_1^2}{2g} = h + \frac{v_2^2}{2g}$$

Используя уравнение неразрывности, получим

$$v_1 = \frac{Q}{\omega_1} = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

Подставляя эти величины в последнее уравнение и решая его относительно диаметра суженной части, получим

$$d = \frac{2\sqrt{Q}}{\sqrt[4]{2g\pi + \frac{16Q^2}{D^4}}}$$

## ФИЛЬТРАЦИЯ

### Задача 1.

Определить площадь  $S$  зоны влияния откачки  $L_t$  грунтовых вод из траншеи длиной  $B=24$  м за  $t = 12$  час. работы. Грунт – супесь с коэффициентом фильтрации  $k_\phi = 1,5$  м/сут. Мощность водоносного пласта  $H_e = 3$  м. Коэффициент водоотдачи  $\mu_b = 0,15$ .

### Решение (пример)

1. Зона влияния откачки из траншеи

$$L_t = 1.73 \sqrt{\frac{k_\phi \cdot H_e \cdot t}{\mu_b}} = 1.73 \sqrt{\frac{1.5 \times 3 \times 0.5}{0.15}} = 6.7 \text{ м}$$

2. Площадь зоны влияния

$$S = 2 \times (L_t \times B) = 2(6.7 \cdot 24) = 321 \text{ м}^2$$

Вариант \ Параметр	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$k_\phi$ , м/сут	0,25	0,30	0,35	0,30	0,25	0,20	0,18	0,22	0,24	0,26
$\mu_b$	0,06	0,08	0,07	0,08	0,09	0,08	0,07	0,06	0,07	0,08
$B$	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50

### Задача 2

3. Определить скорость фильтрации; Зону влияния откачки из траншеи; площадь живого сечения фильтрации  $\omega$  и приток грунтовых вод в траншею длиной  $B=100$  м, проложенную до водоупора. Грунт – супесь с коэффициентом фильтрации  $k_\phi = 2$  м/сут., коэффициентом водоотдачи  $\mu_b = 0,2$ ; мощность водоносного слоя  $H_e = 1,6$  м; время откачки -  $t = 8$  час.

### Решение (пример)

1. Зона влияния откачки из траншеи

$$L_t = 1.73 \sqrt{\frac{k_\phi \cdot H_e \cdot t}{\mu_b}} = 1.73 \sqrt{\frac{2 \times 2,8 \times 0.33}{0.2}} = 5,26 \text{ м}$$

2. Скорость фильтрации

$$V_\phi = k_\phi \frac{H_e - H_T}{L_t} = 2 \cdot \frac{2,8 + 1,6}{5,26} = 0,46 \text{ м/сут.}$$

3. Площадь живого сечения фильтрации

$$\omega = B \cdot \frac{H_e + H_T}{L_t} = 100 \frac{2,8 + 1,6}{2} = 220 \text{ м}^2$$

4. Приток грунтовых вод в траншею

$$Q = k_{\phi} \cdot B \cdot \frac{H_e^2 - H_f^2}{L_T} = 2 \cdot 100 \cdot \frac{2.8^2 - 1.6^2}{5.26} = 201 \text{ м}^3$$

Вариант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
В	90	110	95	105	80	85	115	110	95	90
$k_{\phi} \frac{\text{м}}{\text{сут}}$	1,85	1,90	1,95	1,90	1,85	1,95	2,0	2,1	2,0	1,85
$\mu_B$	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,18	0,17	0,16	0,14
$H_e, \text{м}$	2,6	2,7	2,6	2,4	2,5	2,7	2,6	2,8	2,4	2,7
$H_T$	1.9	2.1	2.2	2.3	2.4	2.3	2.5	2.6	2.4	2.2
t, час	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

### Задача 3.

Определить приток грунтовых вод, фильтрующихся в строительный котлован сечением  $A \times B = 4,0 \times 8,0$  м. Грунт – суглинок с коэффициентом фильтрации  $k_{\phi} = 0,15 \frac{\text{м}}{\text{сут}}$ , коэффициент водоотведения  $\mu_B = 0,08$ . Уровень грунтовых вод УГВ = -2,3 м, уровень воды в котловане на отметке  $УВ_k = -2,8$  м, уровень залегания водоупора на отметке  $H_e = -4,5$  м, время откачки грунтовых вод  $t = 6$  час.

### Решение (пример)

1. Приток грунтовых вод определяем по формуле:

$$Q = \frac{\pi \cdot k_{\phi} (H_e^2 - H_k^2)}{\ln \frac{R_k}{r_k}}$$

где  $R_k$  – радиус влияния откачки,  $r_k$  – радиус котлована.

2. Мощность водоносного пласта находим по геодезическим отметкам

$$H_k = 4,5 - 2,8 = 1,7 \text{ м}$$

3. Приведенный радиус котлована

$$r_k = \sqrt{\frac{F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4.8}{3.14}} = 3.19 \text{ м}$$

4. Радиус влияния откачки

$$R_k = 1.5 \sqrt{\frac{k_{\phi} \cdot H_e \cdot t}{\mu_B}} + r_k = 1,5 \sqrt{\frac{0,15 \cdot 2,2 \cdot 0,25}{0,08}} + 3,19 = 4,71 \text{ м}$$

5. Приток грунтовых вод:

$$Q = 3.14 \cdot 0.15 (2.2^2 - 1.7^2) \frac{1}{\ln \frac{4.71}{3.19}} = 2.3 \text{ м}^3$$



$P_{\text{атм}}$	101324	101323	101322	101321	101320	101319	101318	101317	101316	101315

### Задача 3

Автомобиль движется по дороге со скоростью 100 км в час. Аэродинамическое сопротивление при движении автомобиля пропорционально потерям давления воздуха, обтекающего автомобиль при движении и может быть приближённо определено формулой силы сопротивления  $F_c = \zeta \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2}$ , где  $\zeta$  – коэффициент сопротивления.

Определить, как изменится сопротивление воздуха движению автомобиля при температуре  $+25^{\circ}\text{C}$  и  $-25^{\circ}\text{C}$ ?

#### Решение (пример)

Сопротивление воздуха при температуре  $+25^{\circ}\text{C}$

$$F_1 = \zeta \cdot \rho_1 \cdot \frac{v^2}{2}; \quad F_2 = \zeta \cdot \rho_2 \cdot \frac{v^2}{2}; \quad \frac{F_2}{F_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{P_{\text{атм}}}{R_{\text{газ}} \cdot (273 - t_2)} \cdot \frac{R_{\text{газ}} \cdot (273 + t_1)}{P_{\text{атм}}}$$

$$= \frac{(273 + t_1)}{(273 - t_2)} = \frac{273 + 25}{273 - 25} = 1.2 \text{ раза}$$

Вариант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Параметр										
$t_1$	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
$t_2$	-26	-27	-28	-29	-30	-31	-32	-33	-34	-35

### Задача 4

Определить режим течения воздуха в вентиляционном коробе сечением  $a \cdot b = 20 \times 30$  см при температуре  $t = +10^{\circ}\text{C}$ , если расход воздуха составляет 18 л/с. Плотность воздуха принять  $1,2 \text{ кг/м}^3$

#### Решение (пример)

Режим течения определяется критерием «число Рейнольдса»  $Re = \frac{v \cdot d_{\text{э}}}{\nu}$ , где

$d_{\text{э}}$  – эквивалентный диаметр.

Скорость движения воздуха в коробе находим из выражения

$$v = \frac{Q}{\omega} = \frac{Q}{a \cdot b} = \frac{18 \cdot 10^{-3}}{0.2 \cdot 0.3} = 0.3 \text{ м/с.}$$

Кинематический коэффициент вязкости для воздуха находим из выражения

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{1,745 \cdot 10^{-5} + 5,03 \cdot 10^{-8} \cdot t^{\text{OC}}}{1.2} = 1,5 \cdot 10^{-5}$$

Эквивалентный диаметр находим из выражения

$$d_3 = \frac{4 \cdot \omega}{\pi} = 2 \cdot a \cdot b \frac{1}{a+b} = 2 \cdot 0,2 \cdot 0,3 \frac{1}{0,2+0,3} = 0,24 \text{ м}$$

$$Re = \frac{0,3 \cdot 0,24}{1,5 \cdot 10^{-5}} = 4800 > 2000 \text{ (} Re \text{ критич.)}$$

режим – турбулентный

Вариант \ Параметр	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a	24	26	28	30	28	25	27	18	19	30
b	30	32	34	40	36	31	33	28	29	30
t	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22

### Задача 5

Как изменится кинематический коэффициент вязкости воздуха при понижении его температуры с  $t_1 = +20^\circ\text{C}$  до  $t_2 = -30^\circ\text{C}$ . Плотность воздуха рассчитать по формуле

Клайперона 
$$\rho = \frac{P_{\text{стат}}}{R_{\text{газ}} T^{\circ\text{K}}},$$

где  $R_{\text{газ}}$  – газовая постоянная для воздуха, равная 278.

Давление атмосферное,  $P_{\text{атм}} = 101325 \text{ Па}$

### Решение (пример)

Кинематический коэффициент вязкости определяется выражением

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{1,745 \cdot 10^{-5} + 5,03 \cdot 10^{-8} \cdot t^{\circ\text{C}}}{\rho}$$

Плотность воздуха при различных температурах находим по формуле Клайперона

$$\rho = \frac{P_{\text{стат}}}{R_{\text{газ}} T^{\circ\text{K}}} = \frac{P_{\text{атм}}}{R_{\text{газ}} T^{\circ\text{K}}}.$$

$$\rho_1 = \frac{P_{\text{атм}}}{R_{\text{газ}}(273+t_1)} = \frac{101325}{287(273+20)} = 1,2 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_2 = \frac{P_{\text{атм}}}{R_{\text{газ}}(273-t_2)} = \frac{101325}{287(273-30)} = 1,45 \text{ кг/м}^3$$

Подставляя значения температур и плотностей в выражение получим:

$$\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{\frac{\mu_1}{\rho_1}}{\frac{\mu_2}{\rho_2}} = \frac{\frac{1,745 \cdot 10^{-5} + 5,03 \cdot 10^{-8} \cdot t_1^0}{\rho_1}}{\frac{1,745 \cdot 10^{-5} + 5,03 \cdot 10^{-8} \cdot t_2^0}{\rho_2}} = \frac{\frac{1,745 \cdot 10^{-5} + 5,03 \cdot 10^{-8} \cdot 20}{1,2}}{\frac{1,745 \cdot 10^{-5} + 5,03 \cdot 10^{-8} \cdot 30}{1,45}} = 1,4 \text{ раза}$$

