

## ЗАДАЧИ

### Задача 1-1.1.

Определить динамическую вязкость, удельный вес и относительный вес нефти, если ее вязкость, определенная вискозиметром Энглера, составляет \_\_\_\_°Е, а плотность  $\rho =$  \_\_\_\_ кг/м<sup>3</sup>.

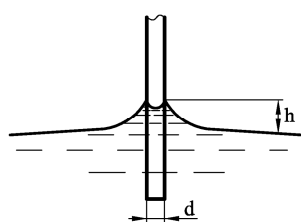
Вариант №	1	2	3	4	5
Вязкость, °Е	8,0	8,25	8,5	8,75	9,0
Плотность, $\rho$	800	825	850	875	900

### Задача 1-1.2.

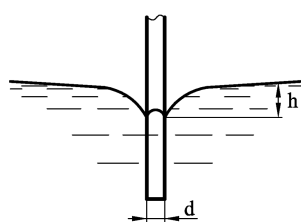
Определить повышение давления масла в закрытом объеме гидропривода при повышении температуры от  $t_1 =$  \_\_\_\_°С до  $t_2 =$  \_\_\_\_°С, и необходимый минимальный свободный объем гидросистемы для компенсации температурного расширения масла. Коэффициент температурного расширения равен  $\beta_t = 8 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , коэффициент объемного сжатия  $\beta_p = 6,5 \cdot 10^{-4} \text{ МПа}^{-1}$ , объем гидросистемы (объем масла после его нагрева)  $W_k =$  \_\_\_\_ л. Утечками жидкости и деформацией элементов конструкции объемного гидропривода пренебречь.

Вариант №	1	2	3	4	5
температура $t_1$ , °С	15	17	20	22	25
температура $t_2$ , °С	35	37	38	39	40
Объем $W_k$ , л	28	29	30	32	33

### Задача 1-1.3.



вода, спирт



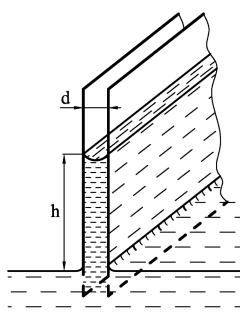
ртуть

Три капиллярные трубки диаметрами  $d =$  \_\_\_\_ мм каждая опущены в воду, ртуть и спирт (рис. 1). На какую высоту поднимется или опустится каждая из жидкостей в капиллярах?

Рис. 1. К задаче 1-1.3

Вариант №	1	2	3	4	5
температура воды, °С	0	10	20	30	40
температура спирта, °С	20				
температура ртути, °С	20				
диаметр капилляра, мм	2	3	4	5	6

### Задача 1-1.4.

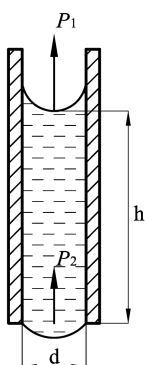


Две плоские стеклянные пластинки опущены нижними концами в воду параллельно друг другу (рис. 2), расстояние между ними  $d =$  \_\_\_\_ мм. Определить дополнительное давление, возникающее в воде от действия сил поверхностного натяжения  $p_{\text{пов}}$ , а также высоту  $h$ , на которую поднимется жидкость между пластинами. Коэффициент поверхностного натяжения воды  $\sigma$  принять равным  $7,2 \cdot 10^{-2} \text{ Н/м}$ .

Рис. 2. К задаче 1-1.4

Вариант №	1	2	3	4	5
Диаметр $d$ , мм	0,12	0,15	0,17	0,2	0,22

### Задача 1-1.5.

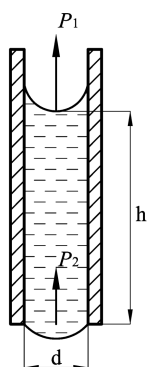


Капиллярная трубка (рис. 3) с внутренним диаметром  $d = \underline{\hspace{1cm}}$  мм наполнена водой. Часть воды повисла внизу в виде капли, которую можно принять за часть сферы радиусом 5 мм. Определить дополнительные давления  $p_{\text{доп1}}$  и  $p_{\text{доп2}}$ , возникающие от действия сил поверхностного натяжения, искривляющие верхний и нижний мениски. Чему будут равны эти давления, если вместо воды в капилляре будет находиться: а) спирт; б) бензин? Температуру жидкостей принять равной 20 °С.

Вариант №	1	2	3	4	5
Диаметр $d$ , мм	0,8	1,0	1,2	1,3	1,5

Рис. 3. К задачам 1-1.5

### Задача 1-1.6.



Капиллярная трубка (рис. 4) с внутренним диаметром  $d = \underline{\hspace{1cm}}$  мм наполнена водой. Часть воды повисла внизу в виде капли, которую можно принять за часть сферы радиусом 2 мм. Определить высоту  $h$  столбика воды в трубке. Температура воды 20°С.

Вариант №	1	2	3	4	5
Диаметр $d$ , мм	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50

Рис. 4. К задачам 1-1.6

### Задача 1-1.7.

Стальной трубопровод заполненный водой при  $t_1 = \underline{\hspace{1cm}}$  °С находится под давлением  $p = \underline{\hspace{1cm}}$  МПа. Диаметр трубопровода  $d = \underline{\hspace{1cm}}$  м, длина  $\underline{\hspace{1cm}}$  км. Определить давление воды в трубопроводе при повышении температуры до  $t_2 = \underline{\hspace{1cm}}$  °С.

Вариант №	1	2	3	4	5
Диаметр $d$ , м	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Длина, км	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
Давление $p$ , МПа	1,0	1,3	1,5	1,7	2,0
Температура $t_1$ , °С	15	17	20	22	25
Температура $t_2$ , °С	25	27	30	32	35

### Задача 1-2.1.

В герметически закрытом сосуде (рис. 5) налиты две не смешивающиеся жидкости. Удельный вес жидкости, образующей верхний слой  $\gamma_1 = \underline{\hspace{1cm}}$  кН/м<sup>3</sup>, толщина этого слоя  $h_1 = \underline{\hspace{1cm}}$  м. Удельный вес жидкости нижнего слоя  $\gamma_2 = \underline{\hspace{1cm}}$  кН/м<sup>3</sup>. Ниже линии раздела на глубине  $h_2 = \underline{\hspace{1cm}}$  м присоединен открытый пьезометр. Выше линии раздела на величину  $h_3 = \underline{\hspace{1cm}}$  м присоединен манометр на трубке, длина которой  $h_4 = \underline{\hspace{1cm}}$  м. Показание манометра  $p = \underline{\hspace{1cm}}$  кПа. На какую высоту  $h_x$  поднимется жидкость в открытом пьезометре? Определить избыточное давление на свободной поверхности жидкости в сосуде.

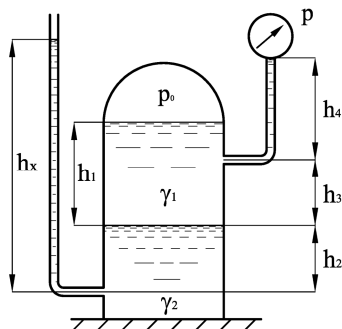


Рис. 5. К задаче 1-2.1

Вариант №	1	2	3	4	5
Удельный вес жидкости $\gamma_1$ , кН/м <sup>3</sup>	7	8	9	10	11
Удельный вес жидкости $\gamma_2$ , кН/м <sup>3</sup>	9	10	11	11	12
$h_1$ , м	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
$h_2$ , м	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
$h_3$ , м	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
$h_4$ , м	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
$p$ , кПа	18	20	21	22	23

### Задача 1-2.2.

Герметичный сосуд (рис. 6) частично заполнен жидкостью с удельным весом  $\gamma = \underline{\hspace{1cm}}$  кН/м<sup>3</sup> на высоту  $h_1 = \underline{\hspace{1cm}}$  м. На высоте  $h_2 = \underline{\hspace{1cm}}$  м от дна сосуда подключена запаянная сверху трубка, из которой откачан практически полностью воздух. Выше уровня свободной поверхности жидкости к сосуду присоединена U-образная трубка, заполненная ртутью ( $\rho = 13600$  кг/м<sup>3</sup>). Уровень ртути в правой ветви на  $h_3 = \underline{\hspace{1cm}}$  м выше, чем в левой. Атмосферное давление принять равным 100 кПа. Определить: 1) абсолютное давление на свободной поверхности жидкости в сосуда; 2) на какую высоту поднимется жидкость в запаянной трубке, если давление паров жидкости равно нулю?

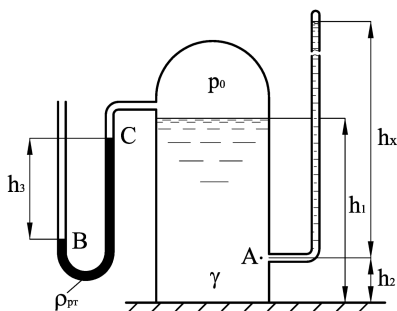


Рис. 6. К задаче 1-2.2

Вариант №	1	2	3	4	5
Удельный вес жидкости $\gamma$ , кН/м <sup>3</sup>	7	8	9	10	11
$h_1$ , м	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
$h_2$ , м	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
$h_3$ , м	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

### Задача 1-2.3.

Два резервуара (рис. 7), основания которых расположены в одной горизонтальной плоскости, заполнены разными жидкостями с удельными весами  $\gamma_1 = \underline{\hspace{1cm}}$  кН/м<sup>3</sup> и  $\gamma_2 = \underline{\hspace{1cm}}$  кН/м<sup>3</sup>, соединены изогнутой трубкой, в которой находится некоторое количество ртути между точками A и B и воздушный пузырь между точками B и C. Уровень свободной поверхности жидкости в пьезометре, подключенном к правому резервуару, относительно горизонтальной плоскости  $h_6 = \underline{\hspace{1cm}}$  м. Высота установки манометра  $p_1$  относительно той же плоскости  $h_1 = \underline{\hspace{1cm}}$  м, вертикальные расстояния до точек A, B, C, D соответственно  $h_2 = \underline{\hspace{1cm}}$  м,  $h_3 = \underline{\hspace{1cm}}$  м,  $h_4 = \underline{\hspace{1cm}}$  м,  $h_5 = \underline{\hspace{1cm}}$  м. Плотность ртути  $\rho_{рт} = 13600$  кг/м<sup>3</sup>, атмосферное давление  $p_{атм} = 98,1$  кПа. Определить: 1) показания манометров  $p_1$  и  $p_2$ ; 2) избыточные давления в точках A, B, C, D; 3) избыточное и абсолютное давление на дне каждого резервуара.

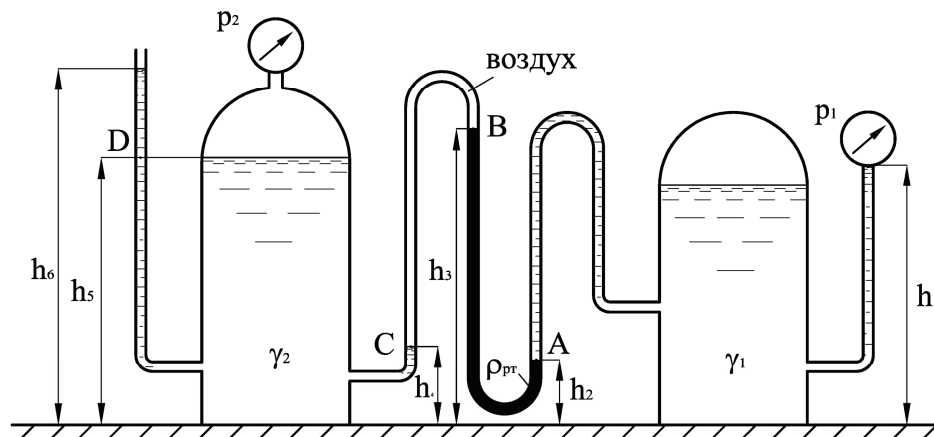
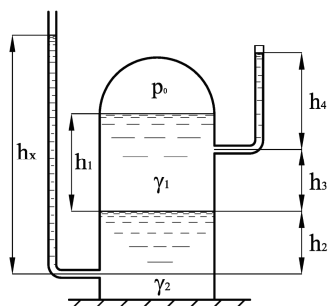


Рис. 7. К задаче 1-2.3

Вариант №	1	2	3	4	5
Удельный вес жидкости $\gamma_1$ , кН/м <sup>3</sup>	7	8	9	10	11
Удельный вес жидкости $\gamma_2$ , кН/м <sup>3</sup>	14	16	18	20	22
$h_1$ , м	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1
$h_2$ , м	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
$h_3$ , м	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6
$h_4$ , м	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
$h_5$ , м	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4
$h_6$ , м	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9

#### Задача 1-2.4.



В герметически закрытом сосуде (рис. 8) налиты две не смешивающиеся жидкости. Удельный вес жидкости, образующей верхний слой  $\gamma_1 = \underline{\hspace{1cm}}$  кН/м<sup>3</sup>, толщина этого слоя  $h_1 = \underline{\hspace{1cm}}$  м. Удельный вес жидкости нижнего слоя  $\gamma_2 = \underline{\hspace{1cm}}$  кН/м<sup>3</sup>. Ниже линии раздела на глубине  $h_2 = \underline{\hspace{1cm}}$  м присоединен открытый пьезометр. Выше линии раздела на величину  $h_3 = \underline{\hspace{1cm}}$  м присоединен манометр на трубке, длина которой  $h_4 = \underline{\hspace{1cm}}$  м. На какую высоту  $h_x$  поднимется жидкость в открытом пьезометре? Определить избыточное давление на свободной поверхности жидкости в сосуде.

Рис. 8. К задаче 1-2.4

Вариант №	1	2	3	4	5
Удельный вес жидкости $\gamma_1$ , кН/м <sup>3</sup>	7	8	9	10	11
Удельный вес жидкости $\gamma_2$ , кН/м <sup>3</sup>	9	10	11	11	12
$h_1$ , м	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
$h_2$ , м	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
$h_3$ , м	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
$h_4$ , м	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0

#### Задача 1-2.5.

Герметичный сосуд (рис. 9) частично на высоту  $h_1 = \underline{\hspace{1cm}}$  м. заполнен жидкостями с удельными весами  $\gamma_1 = \underline{\hspace{1cm}}$  кН/м<sup>3</sup> и  $\gamma_2 = \underline{\hspace{1cm}}$  кН/м<sup>3</sup>. На высоте  $h_2 = \underline{\hspace{1cm}}$  м от дна сосуда

подключена запаянная сверху трубка, из которой откачан практически полностью воздух.

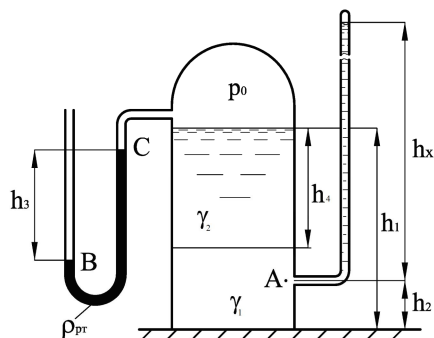


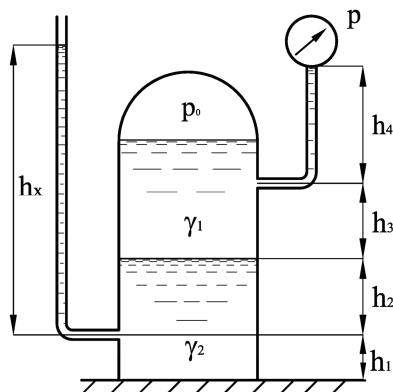
Рис. 9. К задаче 1-2.5

Выше уровня свободной поверхности жидкости к сосуду присоединена U-образная трубка, заполненная ртутью ( $\rho = 13600 \text{ кг/м}^3$ ). Уровень ртути в правой ветви на  $h_3 = \text{---}$  м выше, чем в левой. Атмосферное давление принять равным 100 кПа. Определить: 1) абсолютное давление на свободной поверхности жидкости в сосуде, если уровень второй жидкости в сосуде  $h_4 = \text{---}$  м; 2) на какую высоту поднимется жидкость в запаянной трубке, если давление паров жидкости равно нулю?

Вариант №	1	2	3	4	5
Удельный вес жидкости $\gamma_1$ , кН/м <sup>3</sup>	14	16	18	20	22
Удельный вес жидкости $\gamma_2$ , кН/м <sup>3</sup>	7	8	9	10	11
$h_1$ , м	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
$h_2$ , м	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
$h_3$ , м	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
$h_4$ , м	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7

### Задача 1-2.6.

Две не смешивающиеся жидкости налиты в герметически закрытый сосуд (рис. 10).



Удельный вес жидкости, образующей верхний слой  $\gamma_1 = \text{---}$  кН/м<sup>3</sup>, толщина этого слоя  $h_1 = \text{---}$  м. Удельный вес жидкости нижнего слоя  $\gamma_2 = \text{---}$  кН/м<sup>3</sup>. Ниже линии раздела на глубине  $h_2 = \text{---}$  м присоединен открытый пьезометр. Выше линии раздела на величину  $h_3 = \text{---}$  м присоединен манометр на трубке, длина которой  $h_4 = \text{---}$  м. Показание манометра  $p = \text{---}$  кПа. На какую высоту  $h_x$  поднимется жидкость в открытом пьезометре? Определить избыточное давление на дне сосуда.

Рис. 10. К задаче 1-2.6

Вариант №	1	2	3	4	5
Удельный вес жидкости $\gamma_1$ , кН/м <sup>3</sup>	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5
Удельный вес жидкости $\gamma_2$ , кН/м <sup>3</sup>	9,5	10,5	11,0	11,5	12,0
$h_1$ , м	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
$h_2$ , м	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
$h_3$ , м	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
$h_4$ , м	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
$p$ , кПа	18	20	21	22	23

### Задача 1-2.7.

Определить абсолютное давление на свободной поверхности жидкости в сосуде и высоту на какую поднимется жидкость в запаянной трубке (при давлении паров жидкости равным нулю), если герметичный сосуд (рис. 11) частично заполнен жидкостью с удельным весом  $\gamma = \underline{\hspace{1cm}}$  кН/м<sup>3</sup> на высоту  $h_1 = \underline{\hspace{1cm}}$  м. На высоте  $h_2 = \underline{\hspace{1cm}}$  м от дна сосуда подключена запаянная сверху трубка, из которой откачан практически полностью воздух. Выше уровня свободной поверхности жидкости к сосуду присоединена U-образная трубка, заполненная ртутью ( $\rho_{\text{рт}} = 13600$  кг/м<sup>3</sup>). Уровень ртути в правой ветви на  $h_3 = \underline{\hspace{1cm}}$  м выше, чем в левой. Атмосферное давление принять равным 100 кПа. Чему равно абсолютное давление жидкости на дне сосуда?

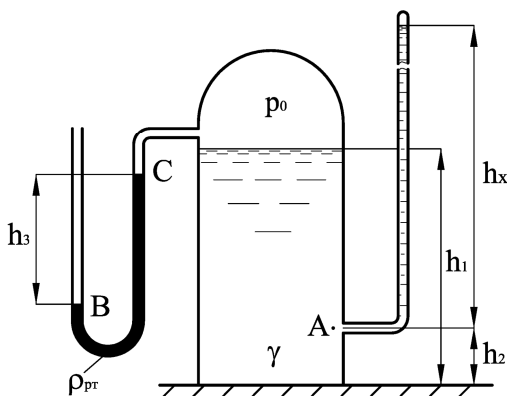


Рис. 11. К задаче 1-2.7

Вариант №	1	2	3	4	5
Удельный вес жидкости $\gamma$ , кН/м <sup>3</sup>	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5
$h_1$ , м	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
$h_2$ , м	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
$h_3$ , м	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

### Задача 1-3.1.

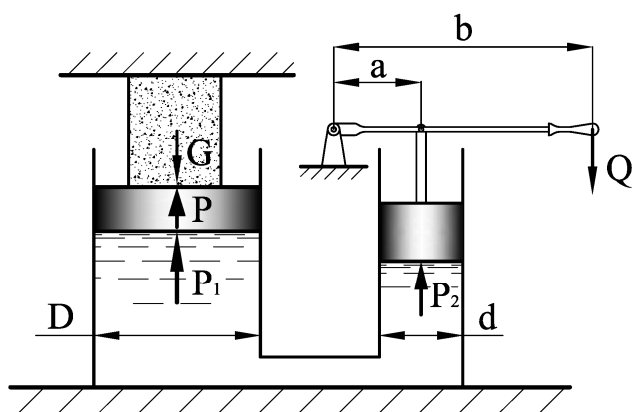


Рис. 12. К задаче 1-3.1

Определить усилие, приложенное к рычагу ручного насоса (рис. 12), если усилие, развиваемое гидравлическим прессом  $P = \underline{\hspace{1cm}}$  кН. Диаметры:  $d = \underline{\hspace{1cm}}$  м;  $D = \underline{\hspace{1cm}}$  м. Вес прессуемого тела и большого поршня принять равным  $G = \underline{\hspace{1cm}}$  кН. Длина плеч рычага:  $a = \underline{\hspace{1cm}}$  м;  $b = \underline{\hspace{1cm}}$  м. КПД пресса –  $\eta = \underline{\hspace{1cm}}$ .

Вариант №	1	2	3	4	5
$P$ , кН	15	20	25	30	35
$d$ , м;	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08
$D$ , м	0,1	0,20	0,25	0,30	0,35
$G$ , кН	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
$a$ , м;	0,05				
$b$ , м.	0,25				
$\eta$	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95

### Задача 1-3.2.

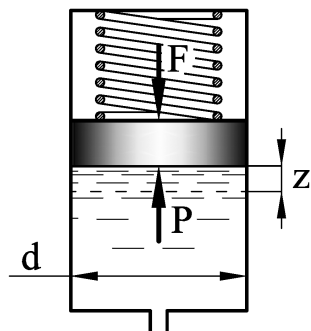


Рис. 13. К задаче 1-3.2

Определить жесткость пружины  $c$ , если под давлением жидкости  $p = \underline{\hspace{1cm}}$  МПа поршень пружинного гидроаккумулятора диаметром  $d = \underline{\hspace{1cm}}$  мм во время зарядки поднялся вверх на высоту  $z = \underline{\hspace{1cm}}$  см (рис. 13).

Вариант №	1	2	3	4	5
$p$ , МПа	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
$d$ , мм;	170	180	200	210	220
$z$ , см	7	9	10	11	12

### Задача 1-3.3.

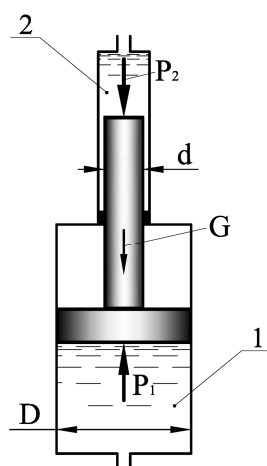


Рис. 14. К задаче 1-3.3

Гидравлический мультипликатор (рис. 14) получает от насоса жидкость под избыточным давлением  $p_1 = \underline{\hspace{1cm}}$  МПа. При этом поршень с диаметрами  $D = \underline{\hspace{1cm}}$  мм и  $d = \underline{\hspace{1cm}}$  мм перемещается вверх, создавая на выходе из мультипликатора давление  $p_2$ . Вес подвижной части мультипликатора  $G = \underline{\hspace{1cm}}$  кН. Определить давление  $p_2$ , приняв кпд мультипликатора  $\eta = \underline{\hspace{1cm}}$ .

Вариант №	1	2	3	4	5
$p_1$ , МПа	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
$d$ , мм;	40	45	50	55	60
$D$ , мм	170	180	200	210	220
$G$ , кН	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2
$\eta$	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95

### Задача 1-3.4.

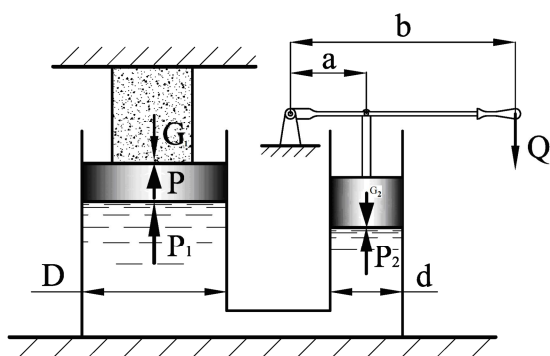


Рис. 15. К задаче 1-3.4

Определить усилие, развиваемое гидравлическим прессом  $P$  (рис. 15), если сила, приложенная к рычагу ручного насоса  $Q = \underline{\hspace{1cm}}$  кН. Диаметры:  $d = \underline{\hspace{1cm}}$  м;  $D = \underline{\hspace{1cm}}$  м; вес прессуемого тела и большого поршня принять равным  $G_1 = \underline{\hspace{1cm}}$  кН, вес малого поршня  $G_2 = \underline{\hspace{1cm}}$  кН. Длина плеч рычага:  $a = \underline{\hspace{1cm}}$  м;  $b = \underline{\hspace{1cm}}$  м. КПД прессы  $\eta = \underline{\hspace{1cm}}$ .

Вариант №	1	2	3	4	5
$Q$ , кН	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
$d$ , м;	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08
$D$ , м	0,1	0,20	0,25	0,30	0,35
$G_1$ , кН	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
$G_2$ , кН	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$a$ , м;	0,05				
$b$ , м.	0,25				
$\eta$	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95

### Задача 1-3.5.

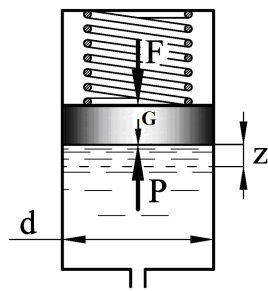


Рис. 16. К задаче 1-3.5

На какую высоту  $z$  поднимется поршень пружинного гидроаккумулятора во время зарядки под давлением жидкости  $p = \underline{\hspace{1cm}}$  МПа, если жесткость пружины  $c = \underline{\hspace{1cm}}$  Н/мм. Поршень пружинного гидроаккумулятора имеет диаметр  $d = \underline{\hspace{1cm}}$  мм; вес поршня  $G = \underline{\hspace{1cm}}$  кН (рис. 16).

Вариант №	1	2	3	4	5
$p$ , МПа	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
$d$ , мм;	170	180	200	210	220
$c$ , Н/мм	373	375	377	379	381
$G$ , кН	10	12	13	14	15

### Задача 1-3.6.

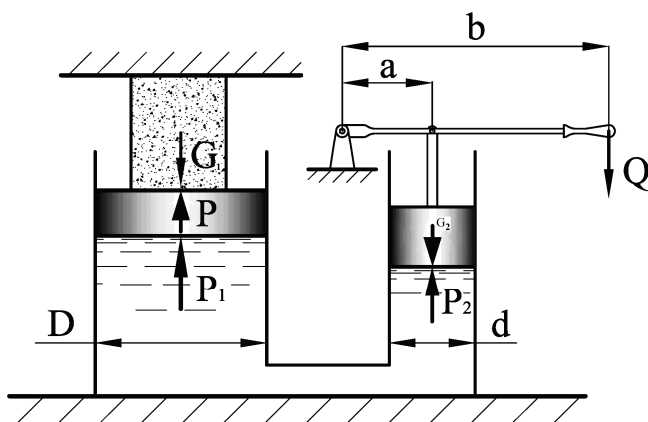
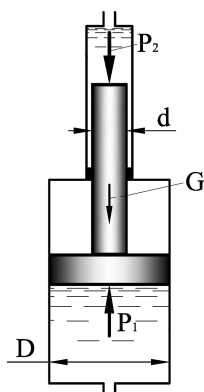


Рис. 17. К задаче 1-3.6

Определить прессующую силу  $P$  (рис. 17), если сила, приложенная к рычагу ручного насоса  $Q = \underline{\hspace{1cm}}$  кН. Диаметры:  $d = \underline{\hspace{1cm}}$  м;  $D = \underline{\hspace{1cm}}$  м; вес прессуемого тела  $G_1 = \underline{\hspace{1cm}}$  кН, вес большого поршня принять равным  $G_2 = \underline{\hspace{1cm}}$  кН, вес малого поршня  $G_3 = \underline{\hspace{1cm}}$  кН. Длина плеч рычага:  $a = \underline{\hspace{1cm}}$  м;  $b = \underline{\hspace{1cm}}$  м. КПД пресса  $\eta = \underline{\hspace{1cm}}$ .

Вариант №	1	2	3	4	5
$Q$ , кН	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
$d$ , м;	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08
$D$ , м	0,1	0,20	0,25	0,30	0,35
$G_1$ , кН	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
$G_2$ , кН	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
$G_3$ , кН	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$a$ , м;	0,05				
$b$ , м.	0,25				
$\eta$	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95

### Задача 1-3.7.



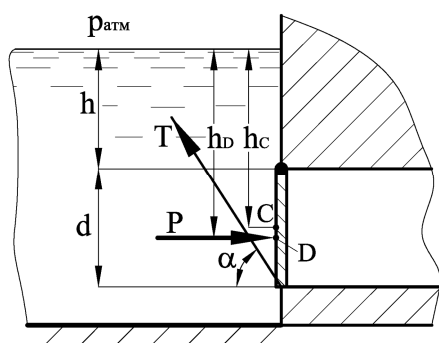
На рисунке 18 представлена схема гидравлического мультипликатора, который получает от насоса жидкость под избыточным давлением  $p_1 = \underline{\hspace{1cm}}$  МПа. При этом поршень с диаметрами  $D = \underline{\hspace{1cm}}$  мм и  $d = \underline{\hspace{1cm}}$  мм перемещается вверх, создавая на выходе из мультипликатора давление  $p_2$ . Вес подвижной части мультипликатора  $G = \underline{\hspace{1cm}}$  кН. Определить силу  $P_2$  и избыточное давление  $p_2$ . КПД мультипликатора принять равным  $\eta = 0,90$ .

Рис.18. К задаче 1-3.7.



Вариант №	1	2	3	4	5
$p_l$ , кПа	300	350	400	450	500
$d$ , мм	30	35	40	45	50
$D$ , мм	100	125	150	175	200
$G$ , Н	1000	1250	1500	1750	2000
$\eta$	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9

### Задача 1-4.1.

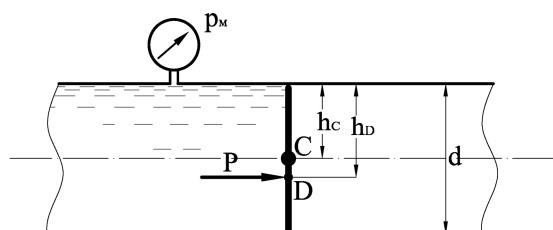


Определить силу  $T$ , которую необходимо приложить к тросу (рис. 19), прикрепленному к нижней кромке плоского круглого затвора диаметром  $d = \text{---}$  мм, закрывающего отверстие трубы. Затвор может вращаться вокруг шарнира  $A$ . Глубина воды над верхней кромкой затвора  $h = \text{---}$  м. Угол наклона троса к горизонту составляет  $45^\circ$ .

Рис. 19. К задаче 1-4.1

Вариант №	1	2	3	4	5
$d$ , мм;	1000	1100	1200	1300	1400
$h$ , м	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7

### Задача 1-4.2.

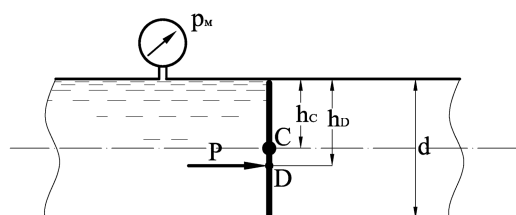


Трубопровод диаметром  $d = \text{---}$  м перекрыт круглым дроссельным затвором (рис. 20), вращающимся на горизонтальной оси. Слева от затвора трубопровод заполнен водой под избыточным давлением  $p_m = 245,25$  кПа. Определить величину момента, при котором затвор не откроется под действием давления воды.

Рис. 20. К задаче 1-4.2

Вариант №	1	2	3	4	5
$d$ , м;	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9

### Задача 1-4.3.



Определить силу гидростатического давления, действующую со стороны жидкости на круглую вертикальную стенку диаметром  $d = \text{---}$  м, а также координату центра давления, если плотность жидкости  $\rho = \text{---}$  кг/м<sup>3</sup>, избыточным давлением  $p_m = \text{---}$  кПа (рис. 21).

Рис. 21. К задаче 1-4.3

Вариант №	1	2	3	4	5
$d$ , м	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	940	950	960	970	980
$p_m$ , кПа	240	245	250	255	260

#### Задача 1-4.4.

На рисунке 22 представлены четыре стенки, наклоненные к горизонтальной плоскости под углом  $90^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $45^\circ$  и  $30^\circ$ , соответственно. Ширина каждой из стенок  $b = \underline{\hspace{1cm}}$  м. Определить силу гидростатического давления воды на каждую из стенок, если уровень воды  $h = \underline{\hspace{1cm}}$  м, на свободную поверхность воды действует атмосферное давление. На каком вертикальном расстоянии от свободной поверхности находится центр давления?

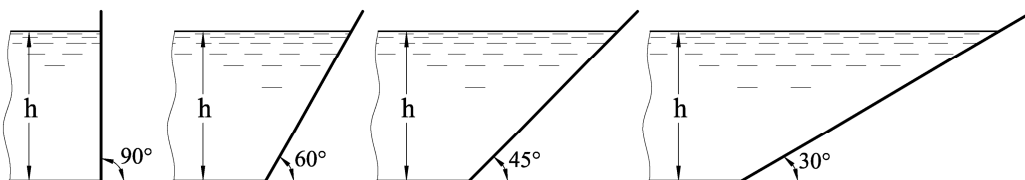
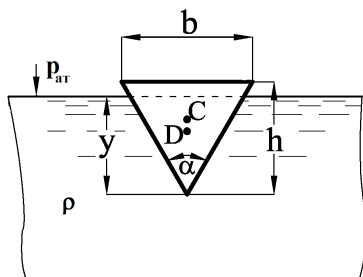


Рис. 22. К задаче 1-4.4

Вариант №	1	2	3	4	5
$b$ , м;	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5
$h$ , м	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5

#### Задача 1-4.5.

Определить силы избыточного гидростатического давления, давления, действующие на грани пирамиды, плавающей в жидкости плотностью  $\rho = \underline{\hspace{1cm}}$  кг/м<sup>3</sup>, а так же координаты точек приложения этих сил. Поперечное сечение пирамиды – равнобедренный треугольник, имеющий ширину основания  $b = \underline{\hspace{1cm}}$  м, длину  $l = \underline{\hspace{1cm}}$  м, высоту  $h = \underline{\hspace{1cm}}$  м, вершина треугольника расположена внизу,  $y = \underline{\hspace{1cm}}$  м (рис. 23).



Вариант №	1	2	3	4	5
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	780	790	800	810	820
$y$ , м	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
$b$ , м	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
$l$ , м	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$h$ , м	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4

Рис. 23. К задаче 1-4.5

#### Задача 1-4.6.

Как изменится сила гидростатического давления для каждой из стенок (рис. 24), если на свободной поверхности жидкости создать: 1) избыточное давление  $p_{01} = \underline{\hspace{1cm}}$  кПа; 2) вакуумметрическое давление  $p_{02} = \underline{\hspace{1cm}}$  кПа? Стенки наклонены к горизонтальной плоскости под углом  $90^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $45^\circ$  и  $30^\circ$ , соответственно; ширина каждой из стенок  $b = \underline{\hspace{1cm}}$  м; уровень воды  $h = \underline{\hspace{1cm}}$  м.

На каком вертикальном расстоянии от свободной поверхности находится центр давления?

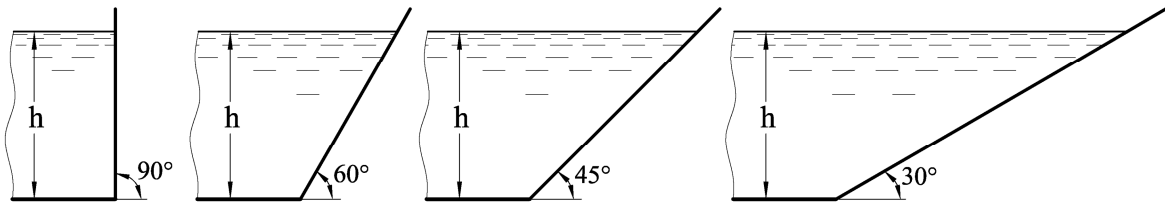
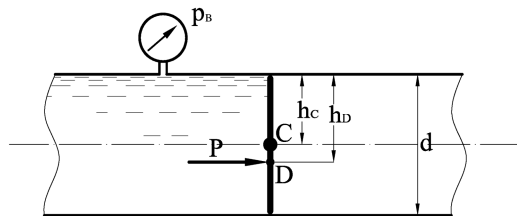


Рис. 24. К задаче 1-4.6

Вариант №	1	2	3	4	5
$p_{01}$ , кПа	5	6	7	8	9
$p_{02}$ , кПа	2	3	4	5	6
$b$ , м	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5
$h$ , м	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5

### Задача 1-4.7.



Определить силу гидростатического давления, действующую со стороны жидкости на круглую вертикальную стенку диаметром  $d = \underline{\hspace{1cm}}$  м, а также координату центра давления, если плотность жидкости  $\rho = \underline{\hspace{1cm}}$  кг/м<sup>3</sup>, вакуумметрическое давлением  $p_v = \underline{\hspace{1cm}}$  Па (рис. 25).

Рис. 25. К задаче 1-4.7

Вариант №	1	2	3	4	5
$d$ , м	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	940	950	960	970	980
$p_v$ , Па	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0

### Задача 1-5.1.

Цилиндрический резервуар (рис. 26) заполнен жидкостью ( $\rho = \underline{\hspace{1cm}}$  кг/м<sup>3</sup>), находящейся под избыточным давлением, характеризуемым показанием пьезометра  $h_p = \underline{\hspace{1cm}}$  м. Дно резервуара плоское, крышка имеет форму полусферы. Определить силу  $P_x$ , разрывающую цилиндрическую часть резервуара по образующей, и силу  $P_z$ , отрывающую крышку от цилиндрической части, если диаметр  $d = \underline{\hspace{1cm}}$  м, высота  $H = \underline{\hspace{1cm}}$  м.

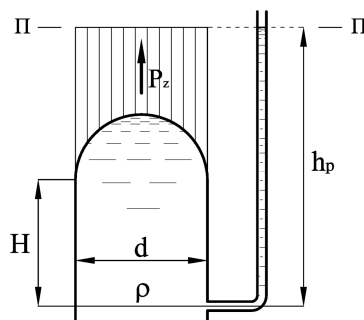
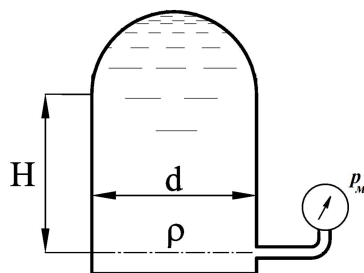


Рис. 26. К задаче 1-5.1

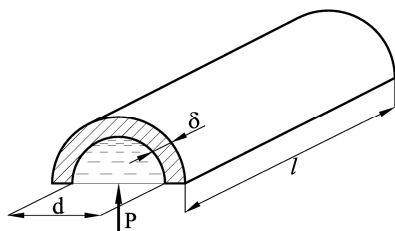
Вариант №	1	2	3	4	5
$d$ , м	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
$h_p$ , м	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	880	890	900	910	920
$H$ , м	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2

**Задача 1-5.2.**

Цилиндрический резервуар (рис. 27) заполнен жидкостью ( $\rho = \underline{\hspace{1cm}}$  кг/м<sup>3</sup>), находящейся под избыточным давлением. Дно резервуара плоское, крышка имеет форму полусферы. Определить силу  $P_x$ , разрывающую цилиндрическую часть резервуара по образующей, и силу  $P_z$ , отрывающую крышку от цилиндрической части, если диаметр  $d = \underline{\hspace{1cm}}$  м, высота  $H = \underline{\hspace{1cm}}$  м, показание манометра  $p_m = \underline{\hspace{1cm}}$  кПа. Высотой установки манометра пренебречь.

Рис. 27. К задаче 1-5.2

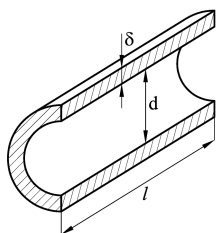
Вариант №	1	2	3	4	5
$d$ , м	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
$H$ , м	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	880	890	900	910	920
$p_m$ , кПа	50	55	60	65	70

**Задача 1-5.3.**

Найти максимальное давление, которое может быть сообщено жидкости в металлической трубе (рис. 28) диаметром  $d = \underline{\hspace{1cm}}$  мм и толщиной стенок  $\delta = \underline{\hspace{1cm}}$  мм. Допускаемое напряжение на растяжение в материале стенок трубы принять  $\sigma = \underline{\hspace{1cm}}$  МПа, весом жидкости пренебречь.

Рис. 28. К задаче 1-5.3

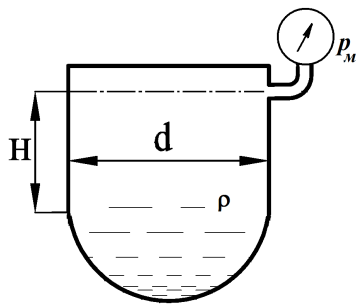
Вариант №	1	2	3	4	5
$d$ , мм	200	250	300	350	400
$\delta$ , мм	8	9	10	11	12
$\sigma$ , МПа	130	135	140	145	150

**Задача 1-5.4.**

Определить минимальную толщину  $\delta$  стенок водопроводной трубы (рис. 29) диаметром  $d = \underline{\hspace{1cm}}$  мм, если давление воды  $p = \underline{\hspace{1cm}}$  МПа. Допускаемое напряжение на растяжение, возникающее в материале стенок трубопровода только от давления жидкости,  $\sigma = \underline{\hspace{1cm}}$  МПа.

Рис. 29. К задаче 1-5.4

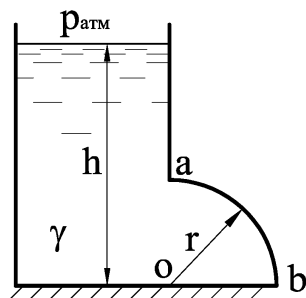
Вариант №	1	2	3	4	5
$d$ , мм	50	75	100	150	175
$p$ , МПа	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2
$\sigma$ , МПа	120	125	130	135	140

**Задача 1-5.5.**

Цилиндрический резервуар (рис. 30) заполнен жидкостью ( $\rho = \underline{\hspace{1cm}} \text{ кг/м}^3$ ), находящейся под избыточным давлением. Дно резервуара имеет форму полусферы. Определить силу  $P_x$ , разрывающую цилиндрическую часть резервуара по образующей, и силу  $P_z$ , отрывающую дно от цилиндрической части, если диаметр  $d = \underline{\hspace{1cm}} \text{ м}$ , высота  $H = \underline{\hspace{1cm}} \text{ м}$ , показание манометра  $p_m = \underline{\hspace{1cm}} \text{ кПа}$ . Высотой установки манометра пренебречь.

Рис. 30. К задаче 1-5.5

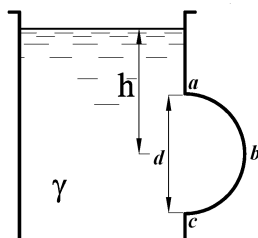
Вариант №	1	2	3	4	5
$d, \text{ м}$	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
$H, \text{ м}$	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2
$\rho, \text{ кг/м}^3$	880	890	900	910	920
$p_m, \text{ кПа}$	50	55	60	65	70

**Задача 1-5.6.**

Определить силу  $P$  избыточного давления воды действующие на крышку  $ab$  (рис. 31). Крышка имеет форму четверти круглого цилиндра радиусом  $r = \underline{\hspace{1cm}} \text{ м}$ . Ширина конструкции 1,0 м. Глубина воды  $h = \underline{\hspace{1cm}} \text{ м}$ . Построить тело давления и найти угол, под которым направлена эта сила к горизонту.

Рис. 31. К задаче 1-5.6

Вариант №	1	2	3	4	5
$h, \text{ м}$	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
$r, \text{ м}$	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4

**Задача 1-5.7.**

Определить силу  $P$  избыточного давления воды действующие на крышку  $ab$  (рис. 32). Крышка имеет форму половины круглого цилиндра радиусом  $d = \underline{\hspace{1cm}} \text{ м}$ . Ширина конструкции 1,0 м. Глубина воды  $h = \underline{\hspace{1cm}} \text{ м}$ . Построить тело давления и найти угол, под которым направлена эта сила к горизонту.

Вариант №	1	2	3	4	5
$h, \text{ м}$	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0
$d, \text{ м}$	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8

Рис. 32. К задаче 1-5.7

### Задача 1-6.1.

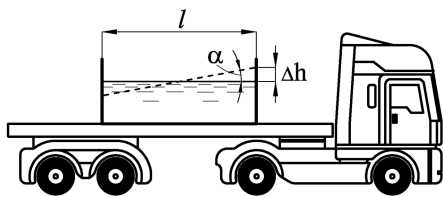


Рис. 33. К задаче 1-6.1

Для перевозки жидкостей на площадке грузового автомобиля установлен открытый резервуар длиной  $l =$  \_\_\_\_ м (рис. 33). Определить, на какую высоту поднимется уровень жидкости при торможении машины, если скорость движения автомобиля  $v =$  \_\_\_\_ км/ч, время торможения  $t =$  \_\_\_\_ с.

Вариант №	1	2	3	4	5
$l$ , м	1,5	1,7	2,0	2,2	2,5
$v$ , км/ч	50	55	60	65	70
$t$ , с	8	9	10	11	12

### Задача 1-6.2.

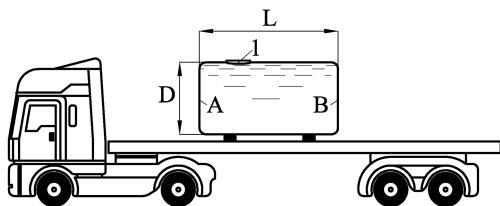


Рис. 34. К задаче 1-6.2

Цилиндрический сосуд (рис. 34), заполненный жидкостью, движется прямолинейно с ускорением  $a =$  \_\_\_\_\_. Определить силы, действующие на стенки  $A$  и  $B$ . Плотность жидкости  $\rho =$  \_\_\_\_ кг/м<sup>3</sup>. Длина сосуда  $L =$  \_\_\_\_ м, диаметр  $D =$  \_\_\_\_ м. Избыточное давление в точке  $I$  принять равным нулю.

Вариант №	1	2	3	4	5
$a$	$3g$	$4g$	$5g$	$6g$	$7g$
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	960	970	980	990	1000
$L$ , м	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
$D$ , м	0,40	0,45	0,505	0,55	0,60

### Задача 1-6.3.

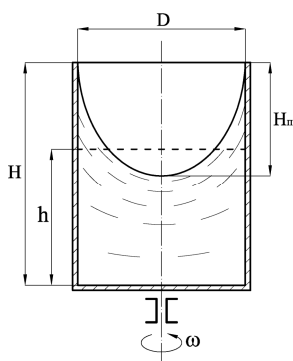


Рис. 35. К задаче 1-6.3

В сосуд высотой  $H =$  \_\_\_\_ м и диаметром  $D =$  \_\_\_\_ мм налили воду до уровня  $h =$  \_\_\_\_ м (рис. 35). Определить максимальную частоту, с которой должен вращаться сосуд, чтобы вода из него не выплеснулась.

Вариант №	1	2	3	4	5
$H$ , м	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
$D$ , мм	130	140	150	160	170
$h$ , м	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35

### Задача 1-6.4.

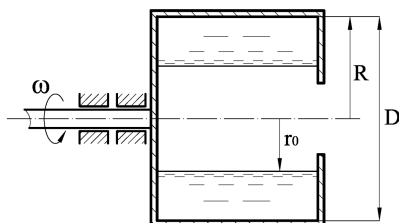


Рис. 36. К задаче 1-6.4

Цилиндрический сосуд (рис. 36), заполненный на  $1/2$  своего объема маслом, вращается относительно горизонтальной оси с постоянной угловой скоростью  $\omega =$  \_\_\_\_ с<sup>-1</sup>. Определить, пренебрегая действием силы тяжести, силу давления масла на торцевую стенку сосуда. Диаметр сосуда  $D =$  \_\_\_\_ мм, удельный вес масла  $\gamma =$  \_\_\_\_ кН/м<sup>3</sup>.

Вариант №	1	2	3	4	5
$\omega, \text{с}^{-1}$	900	950	1000	1050	1100
$D, \text{мм}$	150	175	200	225	250
$\gamma, \text{кН/м}^3$	8	8,5	9	9,5	10

### Задача 1-6.5.

Заполненный жидкостью резервуар (рис. 37) поднимается на вертикальном грузовом подъемнике с ускорением  $a = \underline{\hspace{1cm}} \text{ м/с}^2$ . Чему будет равно давление, создаваемое жидкостью на глубине  $h = \underline{\hspace{1cm}} \text{ м}$  от свободной поверхности, если относительный вес жидкости  $\delta = \underline{\hspace{1cm}}$ , давление на свободную поверхность  $p_0 = \underline{\hspace{1cm}} \text{ кПа}$ ? Как изменится это давление, если резервуар будет опускаться вниз с тем же ускорением?

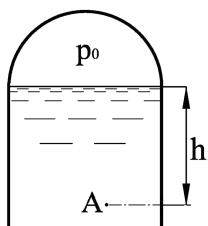


Рис. 37. К задаче 1-6.5

Вариант №	1	2	3	4	5
$a, \text{м/с}^2$	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
$h, \text{м}$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$\delta$	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90
$p_0, \text{кПа}$	100	105	110	115	120

### Задача 1-6.6.

В кузов автомобиля-самосвала до уровня  $h_1 = \underline{\hspace{1cm}} \text{ м}$  налит цементный раствор (рис.38). Кузов имеет форму прямоугольной коробки размерами  $l = \underline{\hspace{1cm}} \text{ м}$ ,  $h = \underline{\hspace{1cm}} \text{ м}$ ,  $b = \underline{\hspace{1cm}} \text{ м}$ .

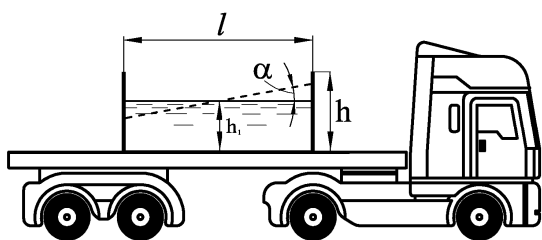


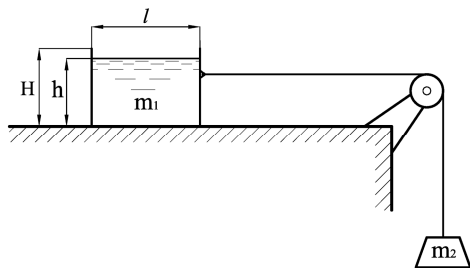
Рис. 38. К задаче 1-6.6.

Определить: 1). Каким должен быть допустимый тормозной путь автомобиля от скорости  $v = \underline{\hspace{1cm}} \text{ км/ч}$  до полной остановки, чтобы раствор не выплеснулся из кузова. Движение автомобиля при торможении равнозамедленное. 2). Силы избыточного давления раствора на переднюю и заднюю стенки кузова при торможении. Плотность раствора принять равным  $1500 \text{ кг/м}^3$ .

Вариант №	1	2	3	4	5
$v, \text{км/ч}$	32	34	36	38	40
$h, \text{м}$	0,7	0,75	0,8	0,85	1,0
$h_1, \text{м}$	0,35	0,37	0,4	0,47	0,5
$l, \text{м}$	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7
$b, \text{м}$	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8

### Задача 1-6.7.

Сосуд, наполненный водой до высоты  $h = \underline{\hspace{1cm}} \text{ м}$ , (рис. 39), массой  $m_1 = \underline{\hspace{1cm}} \text{ кг}$ , имеющий квадратное основание со стороной  $l = \underline{\hspace{1cm}} \text{ м}$  под действием груза массой  $m_2 = \underline{\hspace{1cm}} \text{ кг}$  скользит по горизонтальной плоскости. Определить высоту  $H$  стенок сосуда, препятствующую

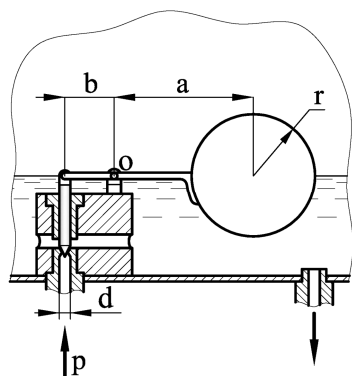


выплескивание воды из сосуда при движении, если коэффициент трения сосуда о плоскость скольжения  $f = \underline{\hspace{1cm}}$ , а также силы давления воды на переднюю и заднюю стенки сосуда.

Рис. 39. К задаче 1-6.7.

Вариант №	1	2	3	4	5
$m_1$ , кг	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
$h$ , м	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8
$m_2$ , кг	26	28	30	32	34
$l$ , м	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6
$f$	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17

### Задача 1-7.1.



Бензин ( $\gamma = 7,3575 \text{ кН/м}^3$ ) под избыточным давлением  $p = \underline{\hspace{1cm}}$  кПа подводится к поплавковой камере карбюратора по трубке диаметром  $d = \underline{\hspace{1cm}}$  мм (рис. 40). Шаровой поплавок весом  $G_{\text{п}} = \underline{\hspace{1cm}}$  Н и игла весом  $G_{\text{и}} = \underline{\hspace{1cm}}$  Н, перекрывающая доступ бензина, укреплены на рычаге ( $a = \underline{\hspace{1cm}}$  мм,  $b = \underline{\hspace{1cm}}$  мм), который может поворачиваться вокруг неподвижной оси  $O$ . Определить радиус  $r$  поплавка из условия, чтобы в момент открытия отверстия поплавок был погружен наполовину (трением в шарнирах и весом рычага пренебречь).

Рис. 40. К задачам 1-7.1

Вариант №	1	2	3	4	5
$d$ , мм;	6				
$p$ , кПа	35	38	40	42	44
$G_{\text{п}}$ , Н	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27
$G_{\text{и}}$ , Н	0,120	0,121	0,122	0,123	0,124
$a$ , мм	28	29	30	31	32
$b$ , мм	8	9	10	11	12

### Задача 1-7.2.

Бензин ( $\gamma = 7,3575 \text{ кН/м}^3$ ) под избыточным давлением  $p = \underline{\hspace{1cm}}$  кПа подводится к поплавковой камере карбюратора по трубке диаметром  $d = \underline{\hspace{1cm}}$  мм (рис. 41). Поплавок, имеющий форму цилиндра длиной  $l = \underline{\hspace{1cm}}$  мм, весом  $G_{\text{п}} = \underline{\hspace{1cm}}$  Н и игла весом  $G_{\text{и}} = \underline{\hspace{1cm}}$  Н, перекрывающая доступ бензина, укреплены на рычаге ( $a = \underline{\hspace{1cm}}$  мм,  $b = \underline{\hspace{1cm}}$  мм), который может поворачиваться вокруг неподвижной оси  $O$ . Определить радиус  $r$  поплавка из условия, чтобы в момент открытия отверстия поплавок был погружен наполовину (трением в шарнирах и весом рычага пренебречь).



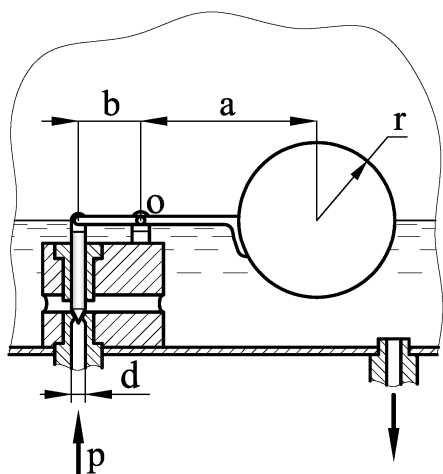
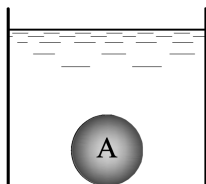


Рис. 41. К задачам 1-7.2

Вариант №	1	2	3	4	5
$d$ , мм;	5				
$p$ , кПа	35	38	40	42	44
$G_{\text{п}}$ , Н	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27
$G_{\text{и}}$ , Н	0,120	0,121	0,122	0,123	0,124
$a$ , мм	28	29	30	31	32
$b$ , мм	8	9	10	11	12
$l$ , мм	66	68	70	72	74

### Задача 1-7.3.

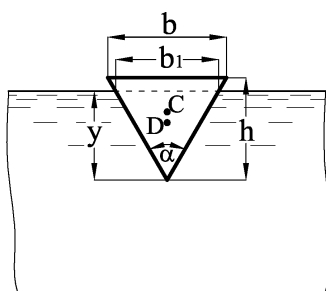


На дне сосуда, наполненного жидкостью, лежит медный шарик (рис. 42), коэффициент объемного расширения которого  $\beta_{\text{ш}} = \text{_____}^{\circ}\text{C}^{-1}$ . Во сколько раз изменится выталкивающая сила, действующая на шарик, если температура жидкости и шарика повысится на  $\Delta t = \text{_____}^{\circ}\text{C}$ . Коэффициент температурного расширения жидкости  $\beta_{\text{ж}} = \text{_____}^{\circ}\text{C}^{-1}$ .

Рис. 42. К задаче 1-7.3

Вариант №	1	2	3	4	5
$\beta_{\text{ш}}, ^{\circ}\text{C}^{-1}$	$51 \cdot 10^{-6}$				
$\beta_{\text{ж}}, ^{\circ}\text{C}^{-1}$	$7,0 \cdot 10^{-4}$	$7,1 \cdot 10^{-4}$	$7,2 \cdot 10^{-4}$	$7,3 \cdot 10^{-4}$	$7,4 \cdot 10^{-4}$
$\Delta t, ^{\circ}\text{C}$	40	45	50	55	60

### Задача 1-7.4.

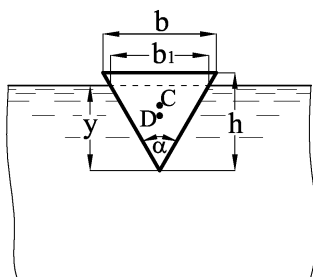


Будет ли обеспечена статическая остойчивость призмы, изготовленной из материала плотностью  $\rho_1 = \text{_____}\text{кг/м}^3$ , длиной  $l = \text{_____}\text{м}$ , плавающей в пресной воде. Поперечное сечение призмы – равнобедренный треугольник, имеющий ширину основания  $b = \text{_____}\text{м}$ , высоту  $h = \text{_____}\text{м}$ , вершина треугольника расположена внизу (рис. 43).

Рис. 43. К задачам 1-7.4

Вариант №	1	2	3	4	5
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	780	790	800	810	820
$b$ , м	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
$l$ , м	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
$h$ , м	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5

### Задача 1-7.5.

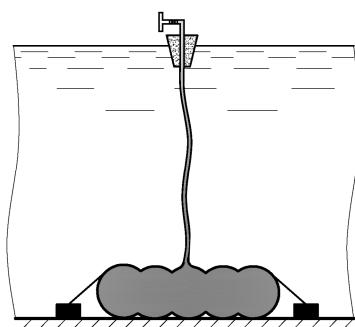


В каком положении (утонет, в подводном или надводном плавании) будет находиться призма длиной  $l = \underline{\hspace{2cm}}$  м, изготовленная из материала плотностью  $\rho_1 = \underline{\hspace{2cm}}$  кг/м<sup>3</sup>, плавающая в пресной воде, если поперечное сечение призмы – равнобедренный треугольник, имеющий ширину основания  $b = \underline{\hspace{2cm}}$  м, высоту  $h = \underline{\hspace{2cm}}$  м, вершина треугольника расположена внизу (рис. 44).

Рис. 44. К задачам 1-7.5

Вариант №	1	2	3	4	5
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	790	795	800	805	810
$b$ , м	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
$l$ , м	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
$h$ , м	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5

### Задача 1-7.6.



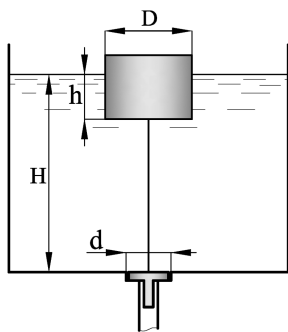
Для подводного хранения нефтепродуктов в специальных баллонах из синтетического материала их опускают на дно водоемов (рис. 45). Зачем при этом на баллон подвешивают груз или прикрепляют его ко дну? Определить вес груза для удержания баллона с 100 м<sup>3</sup> нефти в подводном положении, если вес пустого баллона  $G = \underline{\hspace{2cm}}$  Н. Есть ли необходимость в использовании насоса для заправки судна нефтью из баллона? Удельный вес нефти принять равным 8829 Н/м<sup>3</sup>, удельный вес воды – 9810 Н/м<sup>3</sup>.

Рис. 45. К задаче 1-7.6.

Вариант №	1	2	3	4	5
$G$ , Н	3000	3500	4000	4500	5000

### Задача 1-7.7.

Для предотвращения переполнения резервуара водой в его дне установлен поплавковый клапан, перекрывающий отверстие  $d = \underline{\hspace{2cm}}$  мм. Каким должен быть диаметр цилиндрического



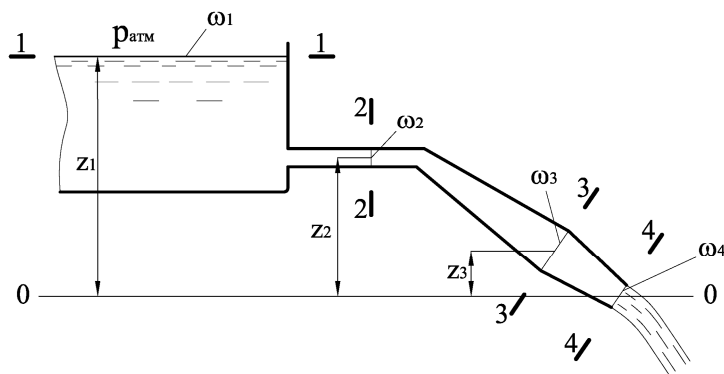
поплавка при глубине его погружения  $h = 75$  мм, чтобы максимальный уровень воды в резервуаре не превышал  $H = 0,5$  м. Вес клапана  $G = 8$  Н, весом поплавка пренебречь (рис. 46).

Рис. 46. К задаче 1-7.7.

Вариант №	1	2	3	4	5
$d$ , м	0,025	0,03	0,035	0,04	0,045

### Задача 2-1.1.

Трубопровод переменного сечения (рис. 47) отходит от открытого резервуара, площадь сечения которого бесконечно большая, по сравнению с площадями сечения трубопровода. Жидкость с удельным весом  $\gamma = 9,81 \text{ кН/м}^3$  вытекает из трубопровода в атмосферу. Движение жидкости в трубопроводе установившееся. Расстояния от плоскости сравнения до

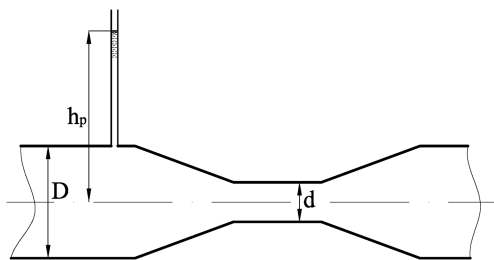


соответствующих сечений:  $z_1 = \text{--- м}$ ;  $z_2 = \text{--- м}$ ;  $z_3 = \text{--- м}$ ;  $z_4 = \text{--- м}$ ; площади сечений:  $\omega_2 = \text{--- м}^2$ ;  $\omega_3 = \text{--- м}^2$ ;  $\omega_4 = \text{--- м}^2$ . Пренебрегая потерями напора, определить расход жидкости, протекающей в трубопроводе, а также давление и скорости в сечениях, указанных на рисунке.

Рис.47. К задаче 2-1.1.

Вариант №	1	2	3	4	5
$z_1, \text{ м}$	4	5	6	7	8
$z_2, \text{ м}$	2	3	2	3	4
$z_3, \text{ м}$	0,5	1	1,5	2	1
$z_4, \text{ м}$	0				
$\omega_2, \text{ м}^2$	0,015	0,02	0,03	0,04	0,05
$\omega_3, \text{ м}^2$	0,045	0,05	0,055	0,05	0,07
$\omega_4, \text{ м}^2$	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06

### Задача 2-1.2.

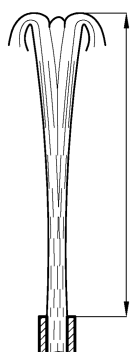


По горизонтальной трубе (рис. 48) диаметром  $D = \text{--- мм}$ , имеющей сужение  $d = \text{--- мм}$ , подается вода в количестве  $Q = \text{--- л/с}$ . На какую высоту поднимется вода в пьезометре, если абсолютное давление в сужении  $p_{\text{абс}} = \text{--- кПа}$ ? Потерями напора пренебречь.

Рис. 48. К задаче 2-1.2.

Вариант №	1	2	3	4	5
$D, \text{ мм}$	100	125	150	175	200
$d, \text{ мм}$	40	50	60	70	80
$Q, \text{ л/с}$	8	10	12	14	16
$p_{\text{абс}}, \text{ кПа}$	100	110	120	130	140

### Задача 2-1.3.

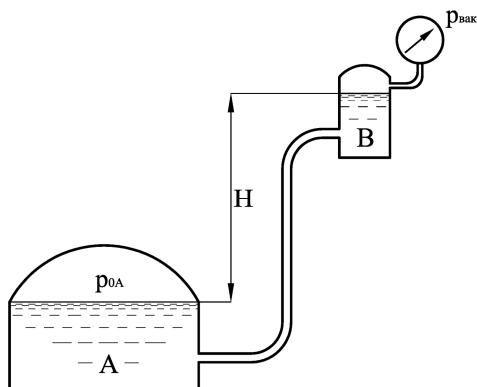


Пожарный рукав (рис. 49) диаметром  $d = \underline{\hspace{1cm}}$  мм на конце имеет коническую трубку (брендспойт). Расход воды, протекающей по рукаву  $Q = \underline{\hspace{1cm}}$  л/с. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить избыточное давление воды перед входом в брендспойт, если вытекающая из него струя бьет на высоту  $h = \underline{\hspace{1cm}}$  м. Потери напора в рукаве  $h_l = \underline{\hspace{1cm}}$  м.

Рис. 49. К задаче 1.3.

Вариант №	1	2	3	4	5
$d$ , мм	75				
$Q$ , л/с	8	10	12	14	16
$h$ , м	23	25	27	29	30
$h_l$ , м	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28

### Задача 2-1.4.

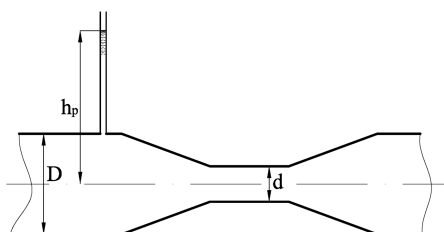


По трубопроводу (рис. 50), соединяющему два цилиндрических резервуара  $A$  и  $B$ , подается вода ( $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ ) на высоту  $H = \underline{\hspace{1cm}}$  м. Показание вакуумметра, установленного в резервуаре  $B$ ,  $p_{\text{вак}} = \underline{\hspace{1cm}}$  кПа. Какое избыточное давление необходимо создать в резервуаре  $A$  для подачи  $Q = \underline{\hspace{1cm}}$  л/с, если общие потери напора составляют  $h_w = \underline{\hspace{1cm}}$  м, диаметры резервуаров  $d_A = \underline{\hspace{1cm}}$  м,  $d_B = \underline{\hspace{1cm}}$  м?

Рис.50. К задаче 2-1.4.

Вариант №	1	2	3	4	5
$H$ , м	14	15	16	17	18
$p_{\text{вак}}$ , кПа	44	45	46	47	48
$Q$ , л/с	520	540	560	580	600
$h_w$ , м	11	12	13	14	15
$d_A$ , м	4	5	6	7	8
$d_B$ , м	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6

### Задача 2-1.5.



По горизонтальной трубе (рис. 51) диаметром  $D = \underline{\hspace{1cm}}$  мм, имеющей сужение  $d = \underline{\hspace{1cm}}$  мм, подается вода в количестве  $Q = \underline{\hspace{1cm}}$  л/с. Чему равно абсолютное давление в сужении, если высота воды в пьезометре  $h_p = \underline{\hspace{1cm}}$  м? Потерями напора пренебречь.

Рис. 51. К задаче 2-1.5.

Вариант №	1	2	3	4	5
$D$ , мм	100	125	150	175	200
$d$ , мм	40	50	60	70	80
$Q$ , л/с	8	10	12	14	16
$h_p$ , м	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0

### Задача 2-1.6.

По горизонтальному нефтепроводу диаметром  $d = 100$  мм и длиной  $L =$  км перекачивается нефть имеющая относительный вес  $\delta = 0,88$  и кинематическую вязкость  $\nu = 0,3$  см<sup>2</sup>/с. Разность давлений в начале и конце трубопровода составляет  $\Delta p =$  кПа. Определить суточную производительность нефтепровода (т/сутки).

Вариант №	1	2	3	4	5
$L$ , км	4,0				
$\Delta p$ , кПа	196	205	215	225	235

### Задача 2-2.1.

Глицерин, мазут и индустриальное масло И-12 текут по трубам одинакового диаметра  $d =$  мм с одинаковыми расходами  $Q =$  л/с. Определить режимы их движения, а также минимальные диаметры труб, обеспечивающие движение жидкости при ламинарном режиме движения. Кинематическая вязкость глицерина – 11,8 см<sup>2</sup>/с, мазута – 20 см<sup>2</sup>/с и индустриального масла И-12 – 0,5 см<sup>2</sup>/с.

Вариант №	1	2	3	4	5
$d$ , мм	100	125	150	175	200
$Q$ , л/с	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25

### Задача 2-2.2.

По трубопроводам одинакового диаметра  $d =$  мм перекачиваются нефть, масло и мазут в количестве  $Q =$  л/с. Требуется определить режимы движения каждой жидкости, а также их критические скорости. Кинематическая вязкость нефти – 1 см<sup>2</sup>/с, масла – 0,28 см<sup>2</sup>/с, мазута – 20 см<sup>2</sup>/с.

Вариант №	1	2	3	4	5
$d$ , мм	75	100	125	150	175
$Q$ , л/с	5	10	15	20	25

### Задача 2-2.3.

Требуется определить режимы движения, а также критические скорости движения следующих жидкостей – глицерина ( $\nu = 1,059$  Ст), воды ( $\nu = 0,0101$  Ст), этилового спирта ( $\nu = 0,0154$  Ст). Жидкости перекачиваются по трубопроводам одинакового диаметра  $d =$  мм в количестве  $Q =$  л/с.

Вариант №	1	2	3	4	5
$d$ , мм	50	100	150	200	250
$Q$ , л/с	10	12	14	16	18

**Задача 2-2.4.**

Определить режимы движения воды, скипидар и керосин, текущих по трубам одинакового диаметра  $d = \underline{\hspace{2cm}}$  мм с одинаковыми расходами  $Q = \underline{\hspace{2cm}}$  л/с. Какими должны быть минимальные диаметры труб, что бы обеспечить ламинарные режимы движения этих жидкостей, если кинематическая вязкость воды – 0,013 см<sup>2</sup>/с, скипидара – 0,0183 см<sup>2</sup>/с и керосина – 0,02 см<sup>2</sup>/с?

Вариант №	1	2	3	4	5
$d$ , мм	25	50	75	100	125
$Q$ , л/с	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25

**Задача 2-2.5.**

Масло марки  $\underline{\hspace{2cm}}$ , температура которого  $t \underline{\hspace{2cm}}$  °С поступает от насоса в гидроцилиндр по трубопроводу  $D \underline{\hspace{2cm}}$  мм. Определить режим течения масла, а также температуру при которой ламинарный режим сменяется турбулентным. Подача насоса  $Q \underline{\hspace{2cm}}$  л/мин. При решении задачи воспользоваться графиками на рисунке 52.

Вариант №	1	2	3	4	5
$D$ , мм	30	32	34	36	38
$Q$ , л/мин	50	105	110	115	85
масло	ВМГЗ	АУ	ИС-20	ИС-30	АУ
$t$ , °С	20	20	0	0	30

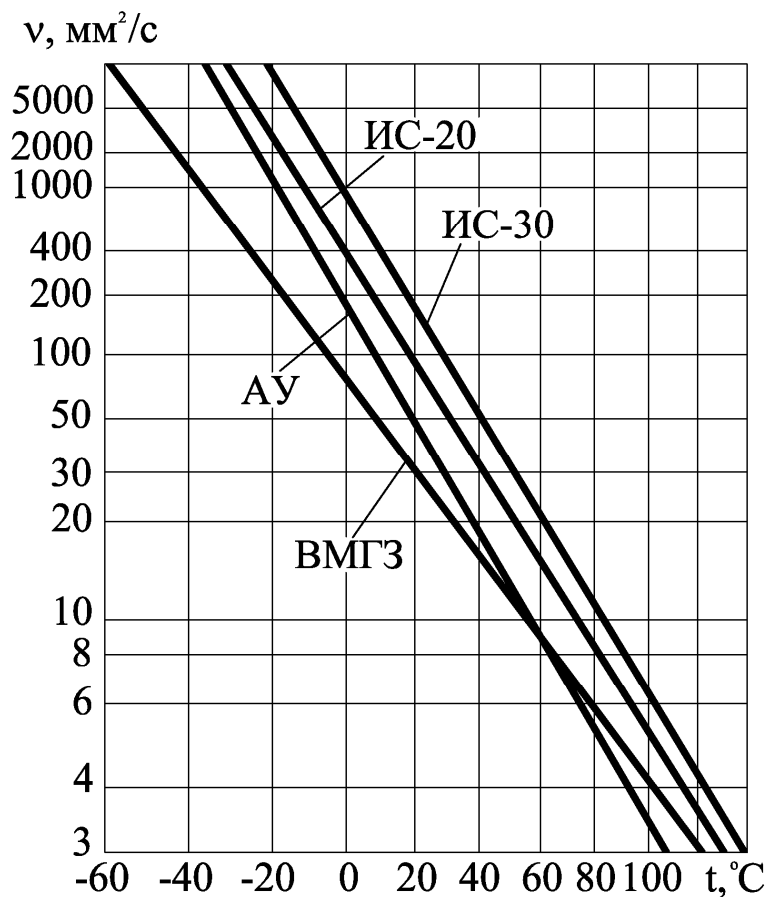


Рис.52. К задаче 2-2.5.

**Задача 2-3.1.**

Определить потери напора на трение при движении воды с расходом  $Q = \underline{\hspace{1cm}}$  л/с и температурой  $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  в стальной новой трубе ( $\Delta_s = 0,06\text{ мм}$ ) внутренним диаметром  $d = \underline{\hspace{1cm}}$  м и длиной  $l = \underline{\hspace{1cm}}$  м.

Вариант №	1	2	3	4	5
$Q$ , л/с	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4
$d$ , м	0,05	0,075	0,1	0,125	0,150
$l$ , м	1400	1500	1600	1700	1800

**Задача 2-3.2.**

Определить коэффициент гидравлического трения по длине  $\lambda$ , если скорость течения жидкости в трубопроводе  $v = \underline{\hspace{1cm}}$  м/с, диаметр трубопровода  $d = \underline{\hspace{1cm}}$  мм, кинематическая вязкость жидкости  $\nu = \underline{\hspace{1cm}}$  Ст.

Вариант №	1	2	3	4	5
$v$ , м/с	0,8	1	1,2	1,4	1,6
$d$ , мм	225	250	275	300	325
$\nu$ , Ст	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6

**Задача 2-3.3.**

Бензин ( $\gamma = 7260\text{ Н/м}^3$ ) с расходом  $Q = \underline{\hspace{1cm}}$  дм<sup>3</sup>/с подается по наклонному трубопроводу  $d = \underline{\hspace{1cm}}$  мм. Давление бензина в первом сечении трубопровода равно  $p_1 = \underline{\hspace{1cm}}$  кПа. Центр тяжести второго сечения выше первого на 3 м. Определить давление во втором сечении, если оно расположено на расстоянии  $L = \underline{\hspace{1cm}}$  км от первого, а коэффициент гидравлического трения по длине трубы  $\lambda = 0,0225$ .

Вариант №	1	2	3	4	5
$Q$ , дм <sup>3</sup> /с	35	40	45	50	55
$d$ , мм	225	250	275	300	325
$p_1$ , кПа	195,8	196,2	197,4	198,6	199,8
$L$ , км	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57

**Задача 2-3.4.**

Определить длину горизонтальной прямой трубы, по которой в количестве  $Q = \underline{\hspace{1cm}}$  л/с прокачивается мазут ( $\nu = 2000\text{ мм}^2/\text{с}$  при  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), если внутренний диаметр трубы  $d = \underline{\hspace{1cm}}$  м, а потери напора на рассматриваемом участке равны  $h_l = \underline{\hspace{1cm}}$  м.

Вариант №	1	2	3	4	5
$Q$ , л/с	30,3	31,4	32,5	33,6	34,7
$d$ , м	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4
$h_l$ , м	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6



### Задача 2-4.1.

По трубопроводу переменного сечения (рис. 53), состоящего из двух участков ( $d_1 =$  \_\_\_\_\_ мм,  $l_1 =$  \_\_\_\_\_ м,  $d_2 =$  \_\_\_\_\_ мм,  $l_2 =$  \_\_\_\_\_ м), вода поступает из бака  $A$  в открытый резервуар  $B$ . Определить расход  $Q$ , если избыточное давление на поверхности воды в баке  $A$  равно  $p_0 =$  \_\_\_\_\_

кПа, глубина над центром входного сечения  $H_A =$  \_\_\_\_\_ м, выходного сечения  $H_B =$  \_\_\_\_\_ м. Коэффициенты гидравлического трения на участках трубопровода  $\lambda_1 = 0,031$  и  $\lambda_2 = 0,035$ . Построить напорную и пьезометрическую линии.

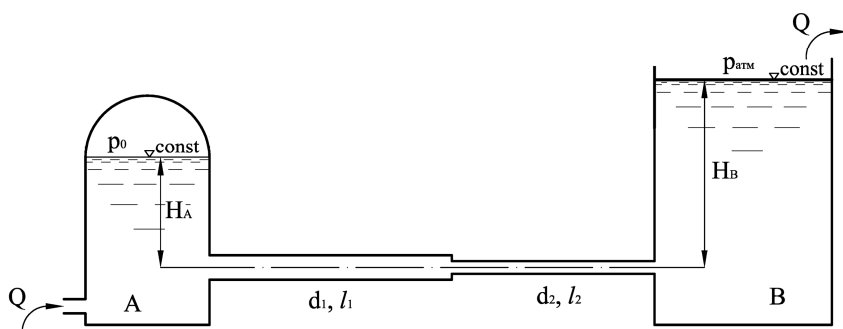
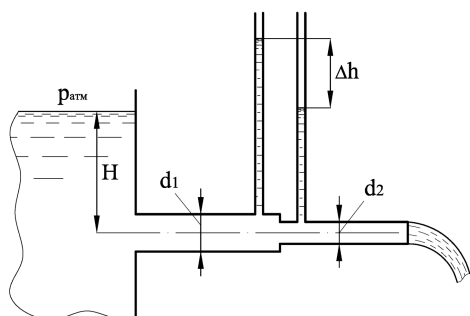


Рис.53. К задаче 2-4.1.

Вариант №	1	2	3	4	5
$d_1$ , мм	140	150	160	170	180
$d_2$ , мм	90	100	110	120	130
$l_1$ , м	18	20	22	24	26
$l_2$ , м	14	15	16	17	18
$p_0$ , кПа	120	125	130	135	140
$H_A$ , м	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
$H_B$ , м	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3

### Задача 2-4.2.

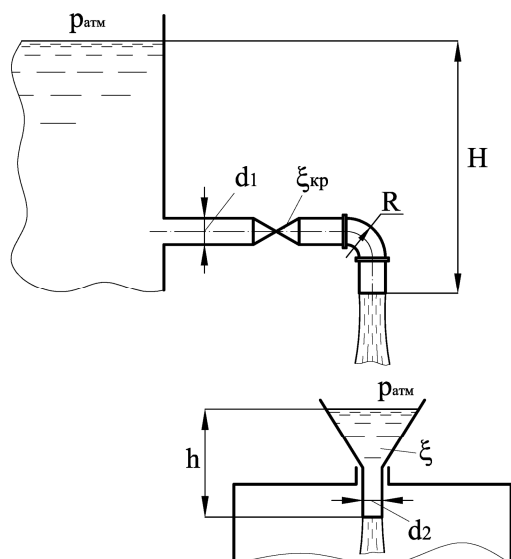


Вода вытекает из бака в атмосферу (рис. 54) по горизонтальной трубе, имеющей внезапное сужение, непосредственно до и после которого установлены два пьезометра. Диаметры трубы  $d_1 =$  \_\_\_\_\_ мм,  $d_2 =$  \_\_\_\_\_ мм. Определить напор  $H$  в баке, если известно, что разность показаний пьезометров  $\Delta h =$  \_\_\_\_\_ м. Потери напора по длине не учитывать.

Рис.54. К задаче 2-4.2.

Вариант №	1	2	3	4	5
$d_2$ , мм	40	50	60	70	80
$d_1$ , мм	70	80	90	100	110
$\Delta h$ , м	3	4	5	6	7

### Задача 2-4.3.

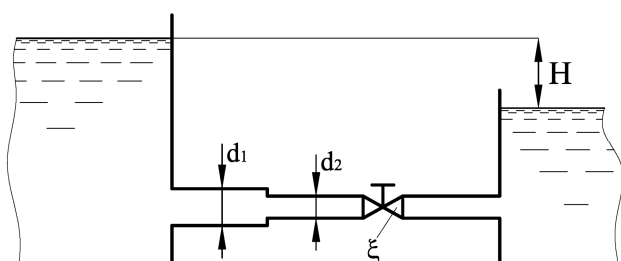


Заполнение бака бензином (рис.55) происходит через воронку диаметром  $d_2 = \underline{\hspace{1cm}}$  мм, высотой  $h = \underline{\hspace{1cm}}$  мм с коэффициентом сопротивления  $\xi = 0,22$ . В воронку бензин заливается из резервуара с постоянным уровнем по короткой трубе диаметром  $d_1 = \underline{\hspace{1cm}}$  мм с краном  $\xi_{кр} = 9$  и угольником с радиусом закругления  $R = 300$  мм. Определить какой наибольший напор  $H$  можно иметь в резервуаре, чтобы воронка не переполнялась и каков при этом расход бензина, поступающего в бак.

Рис.55. К задаче 2-4.3.

Вариант №	1	2	3	4	5
$d_1$ , мм	35	40	45	50	55
$d_2$ , мм	20	25	30	35	40
$h$ , мм	440	450	460	470	480

### Задача 2-4.4.



Вода перетекает из левого резервуара в правый по трубопроводу (рис. 56), диаметры которого  $d_1 = \underline{\hspace{1cm}}$  мм и  $d_2 = \underline{\hspace{1cm}}$  мм. Определить, пренебрегая потерями напора по длине расход в трубопроводе, если разность уровней жидкости в резервуарах  $H = \underline{\hspace{1cm}}$  м и коэффициенте сопротивления вентиля  $\xi_v = 3$ .

Рис. 56. К задаче 2-4.4.

Вариант №	1	2	3	4	5
$d_1$ , мм	140	150	160	170	180
$d_2$ , мм	70	80	90	100	110
$H$ , м	4	5	6	7	8

### Задача 2-5.1.

Истечение воды из открытого резервуара происходит через цилиндрический насадок (рис. 57) диаметром  $d = \underline{\hspace{1cm}}$  см и длиной  $l_n = \underline{\hspace{1cm}}$  см. Определить напор  $H$  над центром входного сечения насадка, если расход воды  $Q = \underline{\hspace{1cm}}$  л/с. Чему равны скорость и давление в сжатом сечении струи внутри насадка? На какую высоту  $h$  поднимется вода в трубке, если ее подключить к насадку в сжатом сечении?

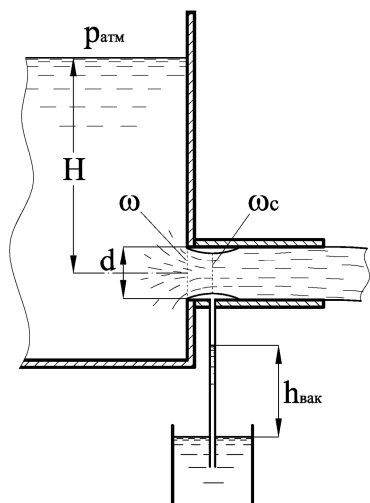
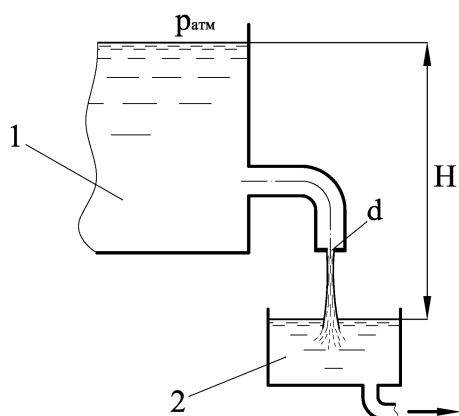


Рис.57. К задаче 2-5.1.

Вариант №	1	2	3	4	5
$d$ , см	3	4	5	6	7
$l_n$ , см	14	15	16	17	18
$Q$ , л/с	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8

### Задача 2-5.2.



Определить диаметр отверстия  $d$  в диафрагме (рис. 58), при котором из открытого резервуара 1 в бачок 2 будет поступать жидкость ( $\nu = 0,0085 \text{ см}^2/\text{с}$ ) в количестве  $Q = \underline{\hspace{1cm}}$  л/с, если напор над центром тяжести отверстия  $H = \underline{\hspace{1cm}}$  м?

При решении задачи воспользоваться графиками на рисунке 59.

Рис.58. К задаче 2-5.2.

Вариант №	1	2	3	4	5
$H$ , м	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
$Q$ , л/с	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009

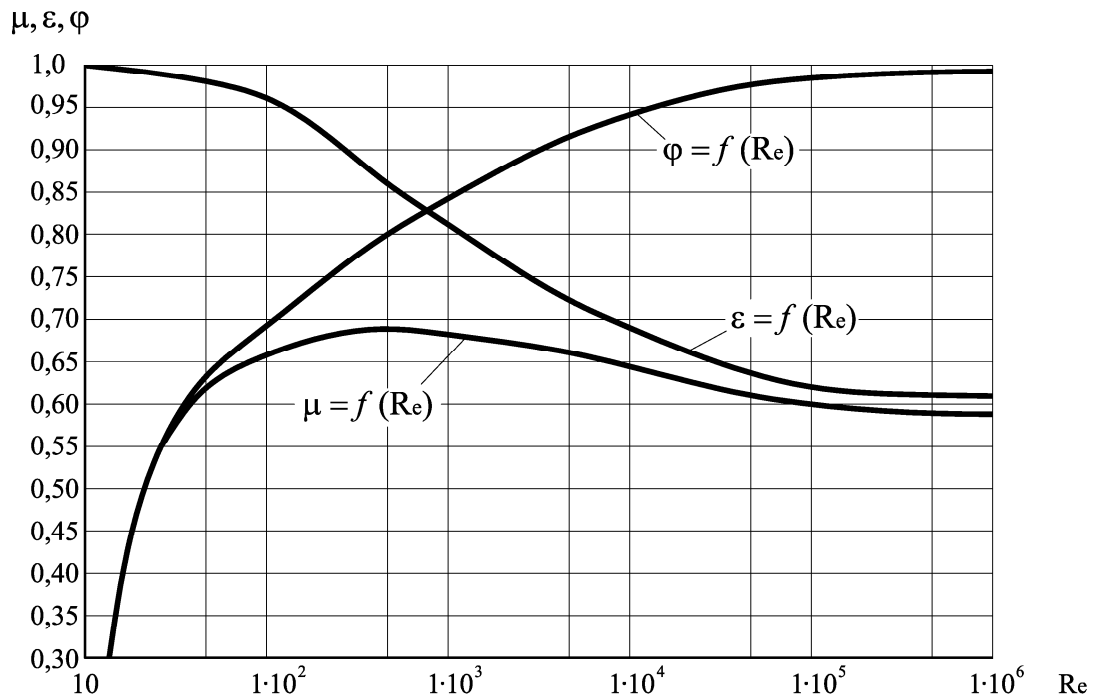


Рис. 59. Зависимость  $\varepsilon$ ,  $\varphi$  и  $\mu$  от  $Re$  для круглого отверстия в тонкой стенке.

### Задача 2-5.3.

В боковой стенке закрытого резервуара имеется круглое отверстие (рис.60) диаметром  $d =$  \_\_\_\_\_ см, из которого происходит истечение воды в атмосферу. Отверстие находится на расстоянии  $l_1 =$  \_\_\_\_\_ м от боковой стенки резервуара и  $l_2 =$  \_\_\_\_\_ м от его дна. Определить расход воды при истечении через отверстие, если постоянный напор над центром отверстия  $H =$  \_\_\_\_\_ м, ширина стенки  $b =$  \_\_\_\_\_ м, избыточное давление на поверхности воды  $p_{изб} =$  \_\_\_\_\_ кПа. Скоростью подхода пренебречь.

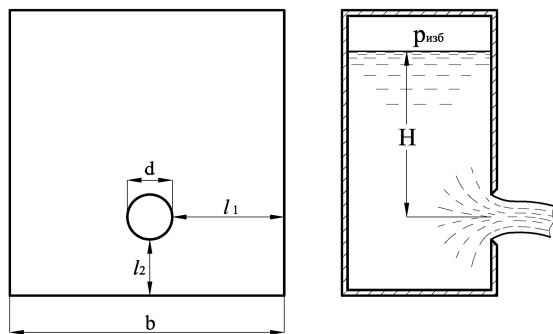
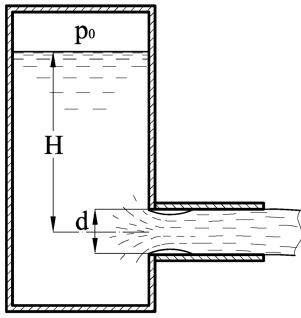


Рис.60. К задаче 2-5.3.

Вариант №	1	2	3	4	5
$d$ , см	12	15	17	20	22
$l_1$ , м	0,28	0,3	0,32	0,34	0,36
$l_2$ , м	0,08	0,1	0,12	0,14	0,16
$H$ , м	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$b$ , м	0,58	0,6	0,62	0,64	0,66
$p_{изб}$ , кПа	110	120	130	140	150

### Задача 2-5.4.



Истечение воды из герметически закрытого резервуара (рис. 61) в атмосферу происходит при постоянном напоре  $H = \underline{\hspace{1cm}}$  м через внешний цилиндрический насадок диаметром  $d = \underline{\hspace{1cm}}$  см. Какое давление необходимо создать на свободной поверхности жидкости в резервуаре, чтобы расход при истечении не превышал  $Q = \underline{\hspace{1cm}}$  л/с?

Рис.61. К задаче 2-5.4.

Вариант №	1	2	3	4	5
$d$ , см	8	9	10	11	12
$H$ , м	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6
$Q$ , л/с	50	60	70	80	90

### Задача 2-6.1.

Определить минимальный объемный и массовый расходы жидкости, протекающей в напорном трубопроводе гидропривода с внутренним диаметром  $d = \underline{\hspace{1cm}}$  мм. Относительный вес жидкости  $\delta = \underline{\hspace{1cm}}$ . Скорость потока жидкости в трубопроводе принять равной  $v = \underline{\hspace{1cm}}$  м/с.

Вариант №	1	2	3	4	5
$d$ , мм	15	20	25	30	35
$\delta$	0,78	0,80	0,82	0,84	0,86
$v$ , м/с	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5

### Задача 2-6.2.

Для измерения расхода жидкости на трубопроводе (рис. 62) диаметром  $D = \underline{\hspace{1cm}}$  мм установлен расходомер Вентури. Наименьшее сечение расходомера –  $d = \underline{\hspace{1cm}}$  мм. Разность уровней дифференциального манометра равно  $\Delta h = \underline{\hspace{1cm}}$  мм рт. ст. Жидкость, протекающая по трубопроводу, – керосин с удельным весом  $7750 \text{ Н/м}^3$ , режим движения – турбулентный ( $Re = 500\,000$ ). Определить теоретический расход жидкости. Коэффициент  $\alpha$  принять равными 1. При решении задачи воспользоваться графиками на рисунке 63.

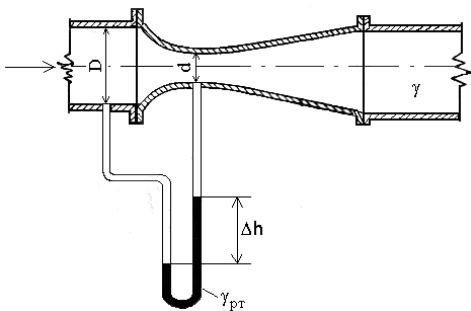


Рис.62. К задаче 2-6.2.

Вариант №	1	2	3	4	5
$D$ , мм	175	200	225	250	275
$d$ , мм	40	60	80	100	120
$\Delta h$ , мм рт. ст	650	675	690	700	725

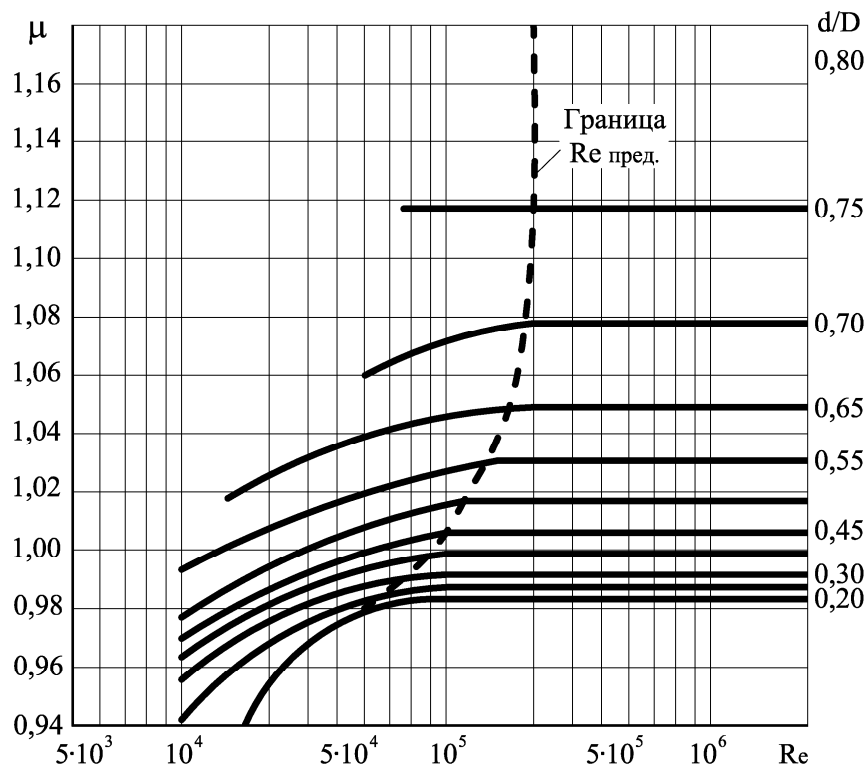


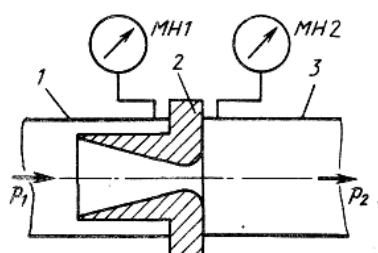
Рис. 63. Значения коэффициента  $\mu$  для сопла Вентури.

### Задача 2-6.3.

Водомер Вентури имеет следующие размеры:  $D = \underline{\hspace{1cm}}$  мм,  $d = \underline{\hspace{1cm}}$  мм. Дифференциальный манометр заполнен ртутью и водой. Каким должно быть показание манометра  $\Delta h$ , если расход воды, протекающей через водомер, равен  $Q = \underline{\hspace{1cm}}$  л/с?

Вариант №	1	2	3	4	5
$D$ , мм	175	200	225	250	275
$d$ , мм	40	60	80	100	120
$Q$ , л/с	40	50	60	70	80

### Задача 2-6.4.



Для определения расхода воды в трубопроводе используется расходомер с сужающим устройством (рис. 64). Диаметр большого сечения  $D = \underline{\hspace{1cm}}$  мм, диаметр малого сечения  $d = \underline{\hspace{1cm}}$  мм. Определить расход воды, протекающей по этому трубопроводу, если показания манометров  $MH1 = \underline{\hspace{1cm}}$  кПа,  $MH2 = \underline{\hspace{1cm}}$  кПа. Высотой установки манометров пренебречь. Коэффициент расхода принять равным 0,97.

Рис. 64. К задаче 2-6.4.

Вариант №	1	2	3	4	5
$D$ , мм	250	300	350	400	450
$d$ , мм	75	100	125	150	175
$MH1$ , кПа	18	20	22	24	26
$MH2$ , кПа	16	18	20	22	24

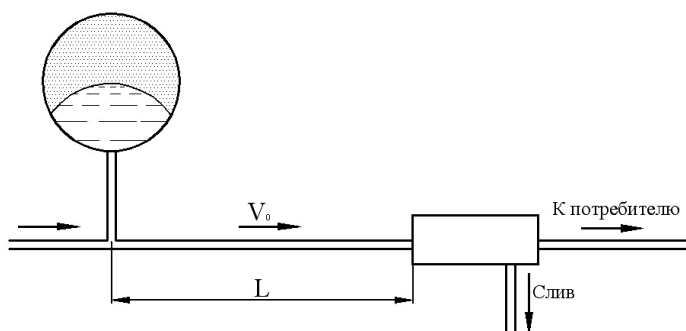
### Задача 2-7.1.

Определить напряжение  $\sigma$  в стенках свинцового трубопровода ( $E = 4,9 \cdot 10^3$  МПа) длиной  $L$  \_\_\_\_\_ км при времени закрытия задвижки  $t_{\text{зак}} =$  \_\_\_\_\_ с. Начальное избыточное давление керосина ( $E_0 = 1,37 \cdot 10^3$  МПа) в трубопроводе  $p_1 =$  \_\_\_\_\_ Н/см<sup>2</sup>, расход керосина  $Q =$  \_\_\_\_\_ л/с,  $D =$  \_\_\_\_\_ мм, толщина стенки трубопровода  $\delta =$  \_\_\_\_\_ мм. Плотность керосина принять равной 800 кг/м<sup>3</sup>.

Вариант №	1	2	3	4	5
$D$ , мм	200	180	160	140	120
$Q$ , л/с	5,75	5,50	5,25	5,00	4,75
$L$ , км	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
$p_{\text{зак}}$ , Н/см <sup>2</sup>	7,4	7,3	7,2	7,1	7,0
$t_{\text{зак}}$ , с	25	26	27	28	29
$\delta$ , мм	23	23	23	23	23

### Задача 2-7.2.

В гидросистеме отключение потребителя производится электромагнитным краном (рис. 65). Кран полностью перекрывает трубопровод за время  $t = 0,02$  с. Определить повышение давления перед краном в момент отключения потребителя при следующих данных. Длина трубопровода от крана до гидроаккумулятора, где гасится ударное давление,  $L =$  \_\_\_\_\_ м,



диаметр трубопровода  $D$  \_\_\_\_\_ мм, толщина его стенки  $\delta$  \_\_\_\_\_ мм, материал – сталь ( $E = 2,2 \cdot 10^5$  МПа), объемный модуль упругости жидкости АМГ-10  $E_0 = 1,33 \cdot 10^3$  МПа, ее плотность 900 кг/м<sup>3</sup>, скорость движения жидкости в трубе 4,5 м/с.

Рис. 65. К задаче 2-7.2.

Вариант №	1	2	3	4	5
$D$ , мм	20	18	16	14	12
$L$ , м	4,8	4,6	4,4	4,2	4
$\delta$ , мм	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0

### Задача 2-7.3.

Трубопровод, подключенный к баку с водой (рис. 66) и имеющий размеры  $L =$  \_\_\_\_\_ м и  $d =$  \_\_\_\_\_ мм, мгновенно закрывается. Определить скорость распространения ударной волны, фазу удара и величину ударного повышения давления, если толщина стенок трубы 6 мм и материал ее – сталь ( $E = 2 \cdot 10^5$  МПа). Модуль упругости воды  $E_0 = 2 \cdot 10^3$  МПа, расход воды до закрытия трубопровода  $Q =$  \_\_\_\_\_ л/с.

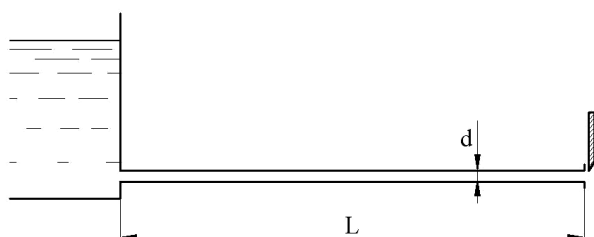


Рис. 66. К задаче 2-7.3.

Вариант №	1	2	3	4	5
$d$ , мм	50	55	60	65	70
$L$ , м	20	22	24	26	28
$Q$ , л/с	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0

#### **Задача 2-7.4.**

Определить максимально допустимый расход воды в чугунном трубопроводе ( $E = 9,81 \cdot 10^4$  МПа), чтобы максимальное давление при времени закрытия затвора  $t_{\text{зак}} = \underline{\hspace{1cm}}$  с не превышало 13 500 кН/м<sup>2</sup>. Диаметр трубопровода  $d = \underline{\hspace{1cm}}$  мм, его длина  $L = \underline{\hspace{1cm}}$  м, толщина стенок 5 мм.

Вариант №	1	2	3	4	5
$d$ , мм	300	325	350	375	400
$L$ , м	450	460	470	480	490
$t_{\text{зак}}$ , с	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9



Для заметок