

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
МАРИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Волжский филиал

**Контрольные работы по дисциплине**  
**«ГИДРАВЛИКА»**  
(расчетно – графические работы)

Преподаватель: к.н.т. Борисов Юрий Алексеевич

г. Волжск, 2010 г.

## Содержание

Серии контрольных работ	2
Контрольная работа № 1	3
Контрольная работа № 2	14
Приложения	21
Литература	23

## Серии контрольных работ

№ серии (последняя цифра зачетки)	Номера задач	
	Контрольная работа 1	Контрольная работа 2
0	1, 7, 10, 13, 21, 27	1, 5, 8, 16
1	2, 8, 13, 18, 23, 25	2, 8, 14, 17
2	3, 9, 14, 19, 21, 24	3, 9, 15, 19
3	4, 10, 15, 16, 19, 28	4, 6, 13, 18
4	5, 11, 15, 17, 20, 26	5, 7, 12, 16
5	6, 9, 12, 14, 21, 29	1, 6, 11, 15
6	3, 7, 8, 15, 17, 23	2, 5, 9, 12
7	1, 5, 12, 19, 22, 27	3, 10, 13, 18
8	6, 10, 14, 18, 23, 28	4, 9, 11, 19
9	2, 4, 11, 16, 20, 25	1, 10, 15, 17

При решении задач необходимо сформулировать законы и правила, на которые опирается данное решение. По ходу решения следует давать необходимые пояснения. Условие задачи и их решение должны сопровождаться соответствующими схемами и рисунками. При выполнении численных расчетов следует особо обращать внимание на размерность величин. Необходимые справочные материалы можно найти в приложении к данной работе, а также в рекомендуемой литературе.

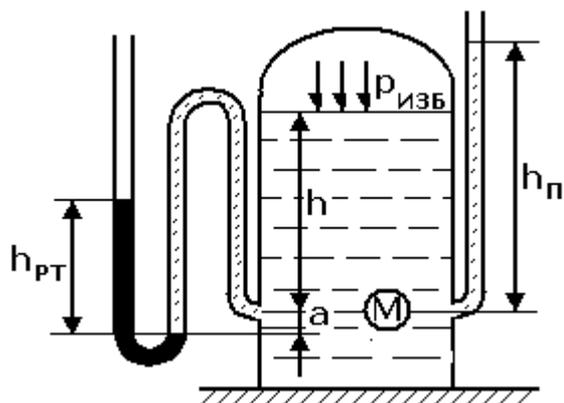
Если контрольные работы не содержат ошибок принципиального характера, их оставляют на кафедре. В противном случае студент должен переделать заново неправильно решенные задачи в соответствии с указанными рецензентом замечаниями и направить в деканат вместе с первоначальным текстом работы. Не разрешается исправлять ошибки в первоначальном тексте, проверенном рецензентом. Правильно выполненные контрольные работы засчитываются после собеседования по ним с преподавателем кафедры.

## Контрольная работа № 1

### Задача № 1.

На свободную поверхность закрытого резервуара, наполненного нефтью, действует давление  $p_{изб}$ . На глубине  $h$  от свободной поверхности жидкости к резервуару присоединены: пружинный манометр  $M$ , пьезометр и U – образный ртутный манометр.

Определить показания приборов.

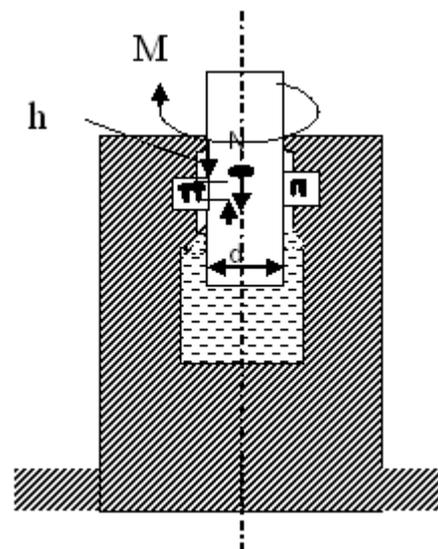


Параметры	Варианты (предпоследняя цифра зачетки)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
$p_{изб}$ , бар	1,0	1,5	2,0	2,4	2,8	2,6	2,2	1,8	1,4	1,2	
$h$ , м	6,0	5,0	4,0	2,0	1,0	1,5	1,8	3,0	2,5	4,5	
$a$ , м	0,1	0,05	0,04	0,1	0,05	0,06	0,12	0,1	0,08	0,06	

### Задача № 2

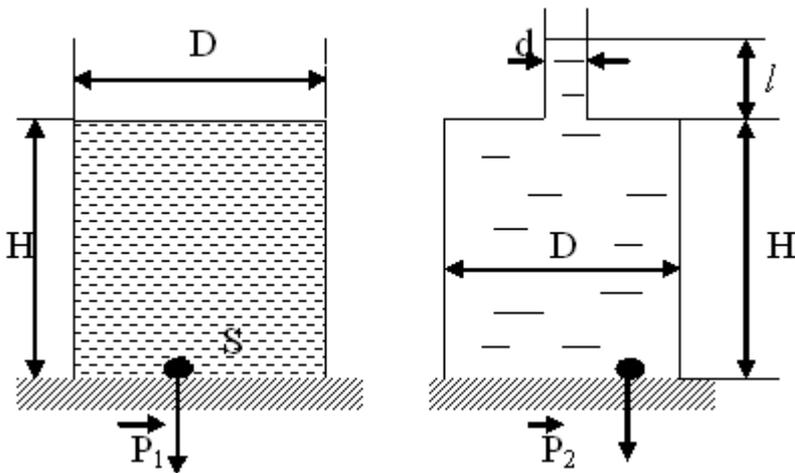
Вертикальный вал, опирающийся на гидравлический подпятник, придает полезный момент  $M$ . Осевая сила вала  $P$ , диаметр его пяты  $d$ .

Определить момент на валу  $M_{кр}$ , если высота гидравлической манжеты  $h=1,2d$  и коэффициент трения кожи овал  $f=0,2$ .



Параметры	Варианты										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
$M$ , Н·м	7600	25000	3000	20000	15000	1750	4500	6720	9700	10000	
$P$ , Н	4000	10000	400	5000	8000	700	250	470	5000	6000	
$d$ , мм	150	300	100	250	180	100	100	150	200	200	

### Задача № 3.



Стальная бочка диаметром  $D$  и высотой  $H$  заполнена водой. Определить:

а) силу избыточного давления  $P_1$  на дно бочки и силу  $G_1$ , передаваемую на пол, если масса пустой бочки равна  $m$ ;

б) силу избыточного давления  $P_2$  на дно бочки, если в крышке просверлить отверстие и к нему приварить вертикальную трубу диаметром  $d$  и длиной  $l$ , которую

заполнить водой;

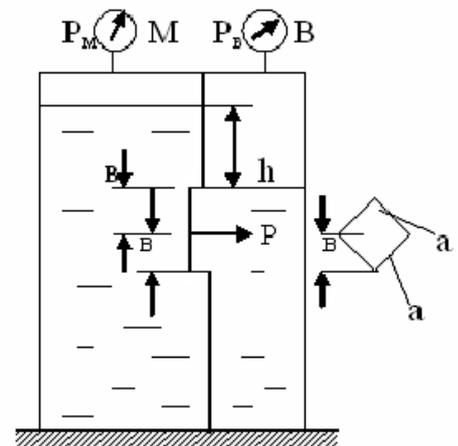
в) силу  $G_2$ , передаваемую на пол, пренебрегая весом трубки.

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$D$ , м	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,95	0,85	0,75	0,65
$H$ , м	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,5	1,45	1,35	1,24	1,15
$m$ , кг	35	40	45	50	60	70	65	60	55	50
$d$ , мм	20	22	24	26	28	30	28	26	24	22
$l$ , м	15	17	20	22	25	28	26	24	22	20

### Задача № 4.

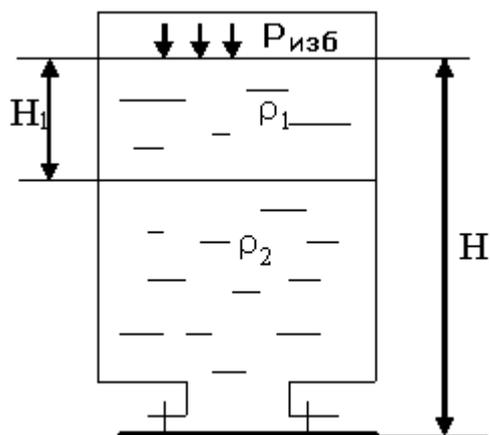
Замкнутый резервуар с нефтью разделен на две части плоской перегородкой, имеющей квадратное отверстие со стороной  $a$ . Давление над нефтью в левой части резервуара определяется манометром  $M$ , в правой части – вакуумметром  $B$ .

Найти величину  $P$  и плечо в результирующей силы давления на крышку, закрывающую отверстие.



Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$a$ , мм	1000	1000	2000	1500	800	2000	1000	150	500	1000
$P_M \cdot 10^5$ Па	10	1	2	3	6	7	8	4	5	1
$P_B$ , мм.рт.ст.	400	300	500	400	400	500	300	400	500	600
$h$ , м	0.5	1.0	1.2	1.0	0.4	0.8	2.0	3.0	2.2	1.8

### Задача № 5.

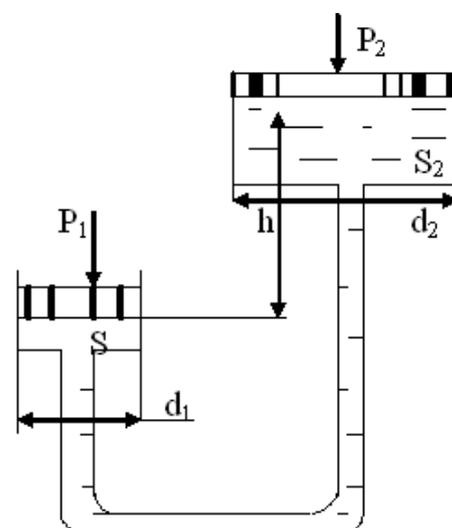


Определить усилие, которое действует на крышку, закрывающую круглый люк диаметром  $D$ , в сосуде с двумя несмешивающимися жидкостями плотностью  $\rho_1$  и  $\rho_2$  при давлении на свободной поверхности  $P_{изб}$  и высоте жидкостей  $H$ , если  $H_1 = \alpha H$ .

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$D$ , мм	10	15	20	10	15	25	12	10	22	30
$H$ , м	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	3,5	4,0	4,5	5,5	5,0
$\alpha$	0,3	0,5	0,6	0,7	0,4	0,5	0,5	0,3	0,6	0,7
$P_{изб}$ , $10^5$ Па	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	0,7	2,0	2,1	1,8	1,9
$\rho_1$ , кг/м <sup>3</sup>	1100	1200	1050	1000	1050	900	1300	1000	980	850
$\rho_2$ , кг/м <sup>3</sup>	1500	1700	1730	1550	1800	1200	1900	1500	1400	1300

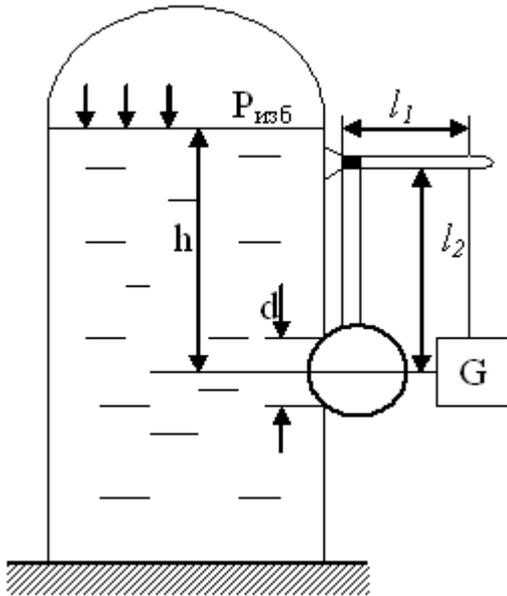
### Задача № 6.

Какую силу  $P_2$  необходимо приложить к большому поршню, чтобы система находилась в равновесии? Трубки заполнены водой, весом поршней пренебречь.



Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_1$ , Н	145	160	200	250	120	130	180	150	170	200
$d_1$ , мм	50	40	30	20	60	45	25	35	40	30
$d_2$ , мм	300	200	160	150	350	270	150	200	250	200
$h$ , мм	300	350	400	450	250	300	300	400	300	400

### Задача № 7.



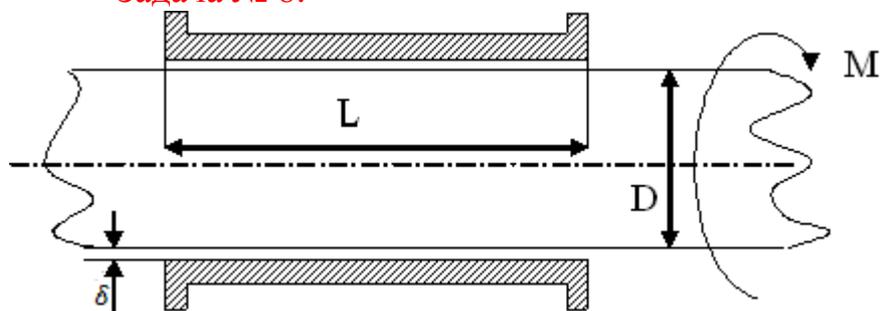
Шаровой клапан закрывает круглое отверстие диаметром  $d$  в вертикальной стенке, расположенной на глубине от поверхности дихлорэтана.

Определить минимальный вес груза  $G$ , уравнивающего давление жидкости на клапан, если плечо рычага равно  $l_1$ , расстояние от шарнира до центра шара  $l_2$ , а избыточное давление над поверхностью жидкости  $P_{изб}$ . Собственным весом шара и рычагов пренебречь.

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d$ , мм	150	60	80	100	120	140	170	200	180	190
$h$ , м	4,4	4,2	3,0	2,0	1,8	5,0	7,0	5,5	3,5	4,8
$l_1$ , м	0,8	1,0	1,2	1,4	0,6	0,4	0,3	1,5	1,8	2,0
$l_2$ , м	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,4	0,3	0,7	0,6	1,0
$p_{изб}$ , $10^5$ Па	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9

### Задача № 8.

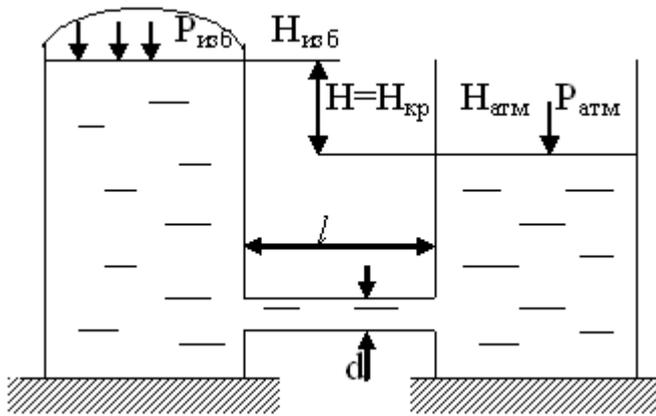
Зазор  $A$  между валом заполнен маслом. Длина втулки  $L$ . К валу, диаметр которого  $D$ , приложен крутящий момент  $M$ . При вращении вала масло постепенно нагревается, и скорость вращения



увеличивается. Определить частоту вращения вала при температуре масла  $t$ . При решении считать, что скорость в слое масла изменяется по прямолинейному закону.

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
масло	веретенное		турбинное		трансформаторное					
$t$ , $^{\circ}C$	45	30	32	37	42	27	70	55	60	40
$M$ , Н·м	5,5	25	1,8	2,3	1,5	4,2	3,5	2,6	4,5	6,0
$D$ , мм	300	400	200	250	150	350	100	500	250	300
$L$ , мм	900	1200	600	750	500	1000	400	1500	650	1000
$\delta$ , мм	2,0	3,0	1,5	1,0	1,2	2,2	0,8	3,2	1,2	2,1

### Задача № 9.



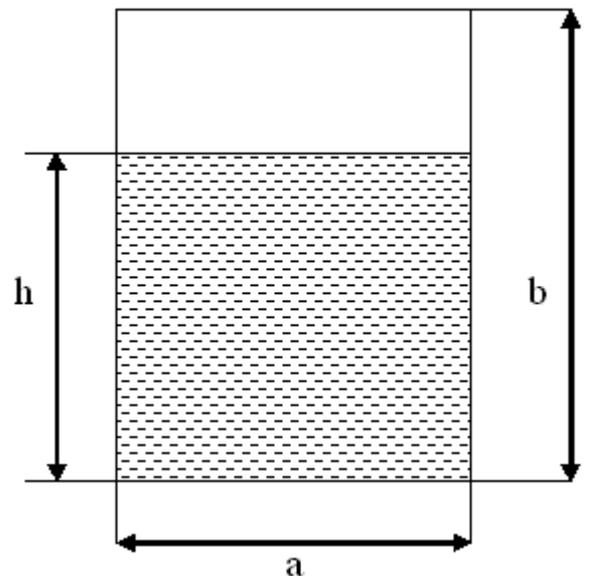
В трубопроводе диаметром  $d$  и длиной  $l$  движется жидкость при  $t=20^{\circ}\text{C}$ . Учитывая только путевые потери, определить значение критического напора, при котором происходит смена ламинарного режима на турбулентный.

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d, \text{ мм}$	25	20	15	30	40	50	15	20	25	30
$l, \text{ м}$	10	10	15	10	8	6	7	8	9	10
$p_{\text{изб}}, \cdot 10^5 \text{ Па}$	0,5	0,6	1,5	2,0	0,2	0,2	0,3	1,5	1,8	2,0

### Задача № 10.

Определить режим течения воды при  $t=60^{\circ}\text{C}$  в трубе прямоугольного сечения со сторонами  $a, b$ , если расход воды  $Q$ , а заполнение трубы жидкостью  $h$ .

Построить график изменения гидравлического радиуса от высоты уровня жидкости в пределах  $0,01b \leq h \leq b$ .



Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	2,0	2,2	2,4	1,8	1,6	1,5	1,4	1,0	0,8	2,6
$a, \text{ м}$	0,2	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2	0,3	0,05	0,2	0,4
$h, \text{ м}$	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,1	0,3
$b, \text{ м}$	0,3	0,4	0,6	0,5	0,3	0,3	0,4	0,8	0,3	0,6

### Задача № 11.

Теплообменник состоит из кожуха (внутренний диаметр  $D$ ), в котором установлены  $n$  трубок с наружным диаметром  $d$ . Определить режим течения жидкости в межтрубном пространстве теплообменника при продольном обтекании трубок жидкостью в количестве  $Q$  с температурой  $t$ .

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
D, м	0,2	0,3	0,4	0,5	9,6	0,7	0,8	0,7	1,0	1,2
n, шт.	100	200	200	200	200	200	250	210	300	350
d, мм	10	12	15	18	20	20	25	25	25	35
Жидкость	вода		этиловый спирт			бензин			метан	
Q, м <sup>3</sup> /ч	40	90	150	250	100	150	250	6000	20000	20000
t, °C	30	60	20	30	50	15	20	160	200	180

### Задача № 12.

Моделируются одновременно силы трения и силы тяжести. Какой должен быть взят геометрический масштаб модели, если в промышленном аппарате протекает рабочая жидкость при температуре 20<sup>0</sup>C, а в модели – модельная? Какую скорость надо сообщить жидкости в модели, если скорость рабочей жидкости в промышленном аппарате  $v$ ?

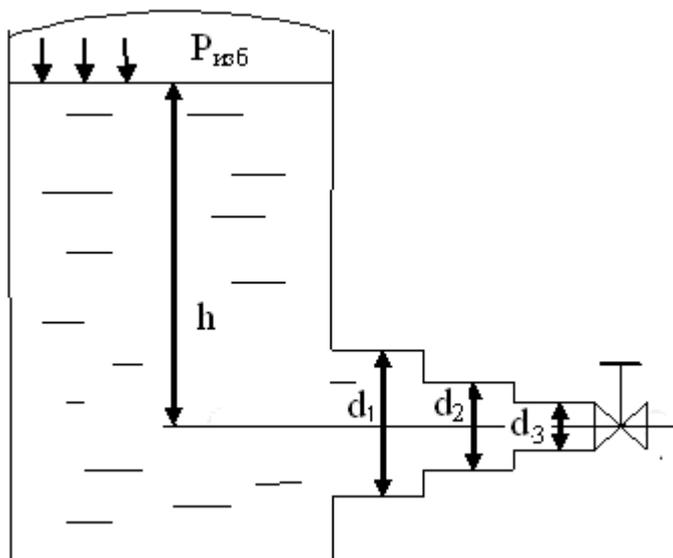
Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Рабочая жидкость	нефть		Глицерин			масло турбинное			спирт этиловый	
Модельная жидкость	вода		спирт этиловый			вода				
$v$ , м/с	1,0	0,8	0,5	0,3	0,9	1,2	1,3	1,0	1,5	2,0

### Задача № 13.

Определить скорость жидкости на оси трубопровода внутренним диаметром 75 мм при протекании по нему жидкости в количестве Q при температуре t °C.

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Жидкость	вода		ацетон		глицерин		масло турбинное			
t, °C	15	14	20	22	20	25	22	20	22	23
Q, м <sup>3</sup> /ч	20	24	20	10	5	7	30	8	10	12

### Задача № 14.

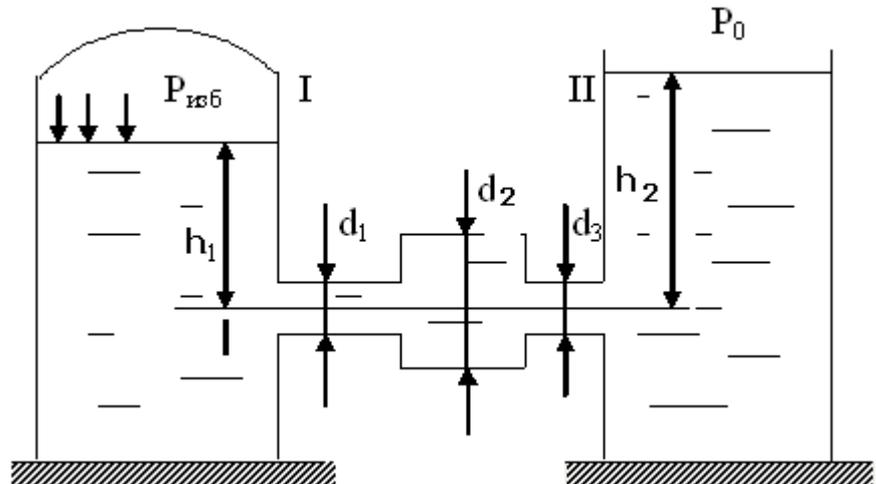


Вода вытекает из закрытого сосуда с избыточным давлением  $p_{изб}$  под напором  $h$  по горизонтальной трубе переменного сечения  $d_1$   $d_2$   $d_3$ , оканчивающейся нормальным вентилем. Определить расход воды Q, построить линии пьезометрического, скоростного и полного напоров, При расчете учесть потери напора только на местные сопротивления.

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_{изб}, \cdot 10^5 \text{ Па}$	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	3,0	2,0	1,0
$h, \text{ м}$	0,8	0,9	1,0	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	2,0
$d_1, \text{ мм}$	100	50	100	75	50	200	200	150	150	50
$d_2, \text{ мм}$	75	40	75	50	40	250	100	100	75	40
$d_3, \text{ мм}$	50	25	50	25	25	100	50	50	40	25

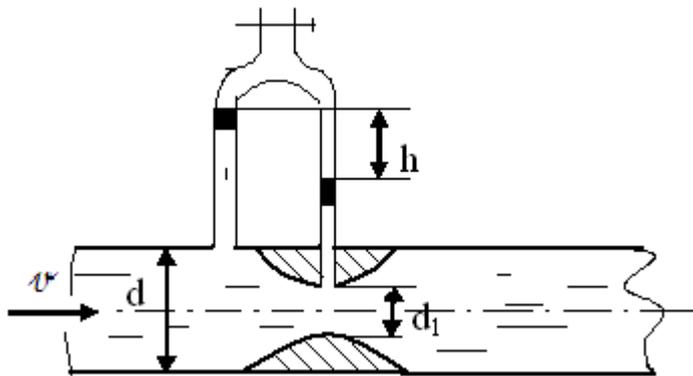
### Задача № 15.

Вода перетекает из закрытого напорного бака, где избыточное давление воздуха поддерживается равным  $P_{изб}$ , в открытый резервуар по короткому трубопроводу, составленному из трех участков различного диаметра. Определить расход воды  $Q$ , если высота уровней в резервуарах  $h_1$  и  $h_2$ , диаметр труб  $d_1, d_2, d_3$ . При расчете учесть потери напора только на местные сопротивления.



Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_{изб}, \cdot 10^5 \text{ Па}$	0,4	0,2	1,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5	0,6	0,4
$h_1, \text{ м}$	2	1	1,5	0,5	0,6	1,7	0,8	0,5	0,5	0,6
$h_2, \text{ м}$	3	2	3	3	3	3	2,2	4	4	2
$d_1, \text{ мм}$	50	50	60	60	50	50	75	75	75	75
$d_2, \text{ мм}$	75	75	100	100	100	100	150	150	150	150
$d_3, \text{ мм}$	50	50	60	60	50	50	75	75	75	75

### Задача № 16.



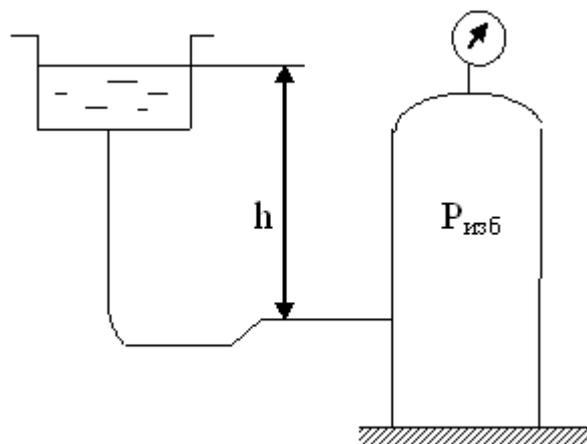
Для измерения расхода серной кислоты, протекающей по трубопроводу диаметром  $d$ , установлено сопло диаметром  $d_1$ . Разность уровней в пьезометрах  $h$ . Определить расход кислоты. Изменится ли перепад  $h$ , если вместо кислоты в трубе будет протекать такая же жидкость при том же расходе? Потерей напора между сечениями, в которых присоединены пьезометрические трубки, пренебречь.

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
d, мм	50	60	70	80	90	100	60	80	50	60
d <sub>1</sub> , мм	25	20	30	35	40	40	30	25	20	25
h, м	0,8	1,6	1,2	1,3	1,4	1,5	1,4	1,5	0,5	1,2

### Задача № 17.

Метиловый спирт поступает самотеком из открытого напорного бака в ректификационную колонну, где давление  $P_{изб}$ .

На какой высоте  $h$  должен находиться уровень жидкости в напорном баке над местом ввода в колонну, чтобы скорость жидкости в трубе была  $\vartheta$ . Напор, теряемый по длине трубопровода и на местных сопротивлениях,  $\Delta h_{п}$ .



Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p_{изб}, \cdot 10^5 \text{ Па}$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,3	0,2	0,4	0,5	0,3	0,2
$\vartheta, \text{ м/с}$	2,0	1,8	1,6	2,2	2,4	2,6	3,0	3,4	4,0	1,5
$\Delta h_{п}, \text{ м}$	3,0	2,5	2,0	3,6	3,8	4,0	4,0	4,5	5,0	2,0

### Задача № 18.

Как изменятся путевые потери напора, если при неизменном расходе жидкости уменьшить диаметр трубопровода в раз?

Задачу решить в двух вариантах, считая, что:

- оба режима (старый и новый) находятся в области ламинарного течения;
- оба режима находятся в области шероховатых труб.

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
n	1,2	1,4	1,5	1,6	1,3	1,7	1,8	1,1	2	1,5

### Задача № 19.

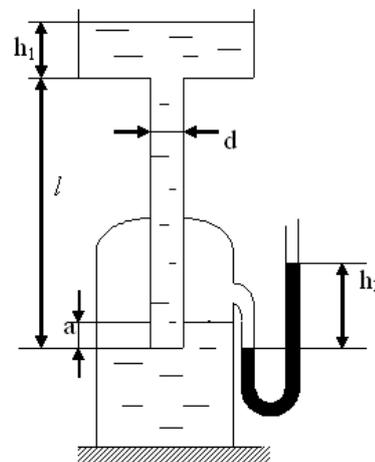
Какое избыточное давление необходимо поддерживать в резервуаре, в котором находится вода на высоте  $h_1=3\text{ м}$ , чтобы через пробочный кран, расположенный на пятом этаже здания ( $h_2=20\text{ м}$ ), проходило  $Q$  воды.

На длине  $l_1=15\text{ м}$  труба имеет диаметр  $d_1$ , на длине  $l_2=10\text{ м}$  – диаметр  $d_2$ . Повороты имеют  $R/d=2$ . Температура воды  $t=15^\circ\text{C}$ , трубопровод стальной, новый.

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q, \text{ м}^3/\text{ч}$	3	4	5	6	8	10	12	14	16	20
$d_1, \text{ мм}$	40	50	50	50	60	60	60	80	80	80
$d_2, \text{ мм}$	20	30	30	30	30	30	30	50	50	50

### Задача № 20.

Определить скорость и расход керосина в вертикальной латунной трубе, имеющей длину  $l$  и диаметр  $d$ , если наполнение верхнего бачка  $h_1$ , погружение нижнего конца трубы под уровень жидкости в нижнем бачке  $a$ , показания ртутного манометра  $h_2$ .



Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$l, \text{ м}$	2,0	1,8	2,2	2,3	2,5	3,0	2,1	2,7	2,0	3,2
$d, \text{ мм}$	20	12	18	22	25	100	40	30	28	16
$h_1, \text{ м}$	0,5	0,4	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,3	0,9	1,1
$a, \text{ мм}$	100	100	120	120	140	80	160	180	130	170
$h_2, \text{ мм}$	30	10	7	5	2	4	28	10	20	25

### Задача № 21.

Водопровод внутренним диаметром  $d$ , длиной  $l$  проложен так, что его конечная точка расположена на  $h$  выше начальной.

Определить необходимое давление насоса, установленного в начальной точке водопровода, чтобы при расходе воды  $Q$  было обеспечено избыточное давление  $P_{\text{изб}}$  в конце трубопровода. Местные сопротивления оценивать надбавкой 2% на длину трубопровода. Трубопровод стальной. Температура воды  $20^\circ\text{C}$ .

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d, \text{ мм}$	20	10	12	14	16	18	20	22	24	26
$l, \text{ км}$	2,6	1,0	0,6	2,0	1,8	1,6	2,6	4,0	0,8	1,0
$h, \text{ м}$	32	10	20	30	40	50	60	70	80	90
$Q, \text{ м}^3/\text{ч}$	2,5	3,0	3,5	4,0	9,0	1,0	1,8	2,0	3,0	4,0
$p_{\text{изб}}, \cdot 10^5 \text{ Па}$	5	2,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,8

### Задача № 22.

Цех химического завода потребляет  $Q$  воды, поступающей из подземного резервуара по чугунной трубе диаметром  $d$ , длиной  $l$ ,

Определить избыточное давление, которое должно поддерживаться в резервуаре, если средний уровень жидкости в нем на  $h$  ниже положения разборной задвижки в цехе. Местные сопротивления оценивать надбавкой 3% на длину трубопровода. Температура воды  $15^{\circ}\text{C}$ .

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q, \text{ м}^3/\text{ч}$	100	40	50	60	70	80	90	120	140	200
$d, \text{ мм}$	150	80	80	90	90	100	100	140	120	120
$l, \text{ км}$	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,4	0,6	1,0	0,7
$h, \text{ м}$	5	6	7	8	9	10	3	4	5	6

### Задача № 23.

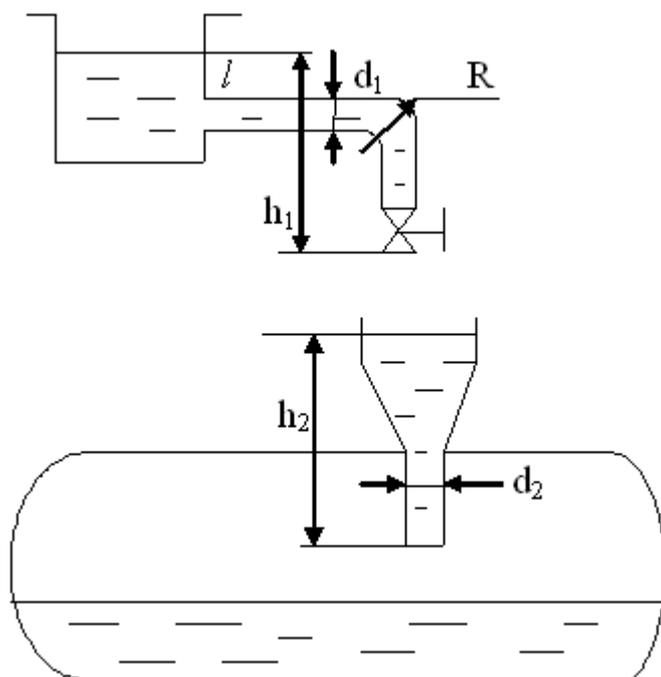
Жидкость через нормальный вентиль ( $\xi=5$ ) вытекает в атмосферу. Определить, какое количество жидкости необходимо подавать непрерывно в открытый сосуд, чтобы поддерживать в нем постоянный уровень  $H$ . Условный проходу вентиле  $d$ , коэффициент местного сопротивления на входе  $\xi_b$ . Потерями по длине пренебречь.

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$H, \text{ м}$	4,5	3,0	5,5	6,5	6,0	4,0	3,0	6,5	5,5	4,0
$d, \text{ мм}$	150	100	100	50	75	100	150	50	75	100
$\xi_b$	0,6	0,5	0,7	0,5	0,7	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5

### Задача № 24.

Бензин наливают в бочки по стальной трубе диаметром  $d_1$  длиной  $l$  под напором  $h_1$ , через воронку высотой  $h_2$  с диаметром трубки  $d_2$ .

Определить, не будет ли бензин при полном открытии вентиле переливаться через края воронки. Поворот имеет  $R/d=2$ . Трубопровод работает в квадратичной зоне.

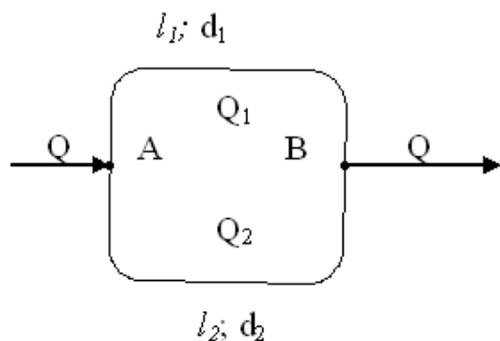


Параметры	Варианты
-----------	----------

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d_1, \text{ м}$	20	30	35	40	15	20	25	30	35	40
$l, \text{ м}$	5	6	7	8	9	3	4	5	6	7
$h_1, \text{ м}$	1,5	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2	2,4
$h_2, \text{ м}$	0,1	0,12	0,14	0,16	0,1	0,06	0,04	0,1	0,12	0,2
$d_2, \text{ мм}$	30	40	45	35	25	30	35	25	40	45

### Задача № 25.

На стальном трубопроводе с общим расходом  $Q$  имеется участок с двумя параллельно включенными ветвями.



Определить распределение расхода жидкости по отдельным ветвям и напор  $h_{AB}$ , действующий между точками разветвления. Местными сопротивлениями пренебречь. Трубопровод работает в квадратичной зоне.

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q, \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$	25	10	15	20	30	35	40	18	23	28
$l_1, \text{ км}$	0,5	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$l_2, \text{ км}$	0,9	0,7	0,6	0,3	0,8	1,0	1,5	0,6	0,3	0,5
$d_1, \text{ мм}$	100	80	100	100	120	140	150	75	100	150
$d_2, \text{ мм}$	150	100	120	80	120	160	250	75	100	200

### Задача № 26.

По прямому горизонтальному трубопроводу длиной  $l$  необходимо подавать ацетон в количестве  $Q$ . Допустимая потеря напора  $\Delta h_{\text{п}}$ .

Определить требуемый диаметр трубопровода  $d$ , принимая коэффициент путевых потерь  $\lambda=0,03$ .

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$l, \text{ м}$	150	200	250	300	250	200	150	100	50	30
$Q, \text{ м}^3/\text{ч}$	10	15	20	25	30	25	20	10	15	10
$\Delta h_{\text{п}}, \text{ м}$	10	15	20	30	30	30	20	10	10	10

### Задача № 27.

Из сливного колодца вода, имеющая температуру  $40^\circ\text{C}$ , сбрасывается по сифонному чугунному трубопроводу в реку, уровень воды в которой на  $H$  ниже уровня жидкости в колодце.

Определить пропускную способность трубы диаметром  $d$ , длиной  $l$ , имеющая один поворот на  $90^\circ$  и два поворота на  $45^\circ$  с радиусом закругления  $R/d=2$ , если труба работает в квадратичной области сопротивлений.

Найти максимальную высоту поднятия верхней точки А сифона  $h$ , если длина участка трубы до сечения в верхней точке  $l_1$ . Атмосферное давление принять равным 760 мм рт. ст.

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d_1$ , мм	200	200	100	250	100	100	50	300	200	100
$H$ , м	3	2	3	5	5	4	4	6	5	3
$l$ , м	100	80	50	150	80	40	25	110	70	40
$l_1$ , м	15	6	8	13	7	6	5	12	9	6

### Задача № 28.

Стальной трубопровод, имеющий диаметр  $d$ , толщину стенки  $\delta$  и длину  $l$  от напорного бака до затвора, пропускает расход воды  $Q$ .

Определить, в течение какого времени надо закрыть вентиль (при линейном изменении скорости), чтобы максимальное повышение давления в трубопроводе было меньше в  $n$  раз, чем при мгновенном закрытии затвора.

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d_1$ , мм	0,30	0,35	0,25	0,20	0,40	0,15	0,30	0,45	0,50	0,40
$\delta$ , мм	4	5	3	3	5	2	4	4	5	5
$l$ , м	510	400	300	600	300	400	500	600	700	800
$Q, \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$	85	60	40	100	120	140	100	80	120	80
$n$	3	2	3	4	5	3	2	4	5	6

### Задача № 29.

Пренебрегая потерями напора, определить начальную скорость истечения жидкости из сосуда, заполненного слоями двух различных жидкостей одинаковой высоты  $h$ . Сравнить полученный результат с начальной скоростью истечения при заполнении сосуда только одной жидкостью до уровня  $2h$ .

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вид жидкости	Вода-керосин	Вода-глицерин	Вода-нефть	Вода-спирт	Вода-масло машинное	Глицерин-керосин	Нефть-глицерин	Глицерин-спирт	Керосин-спирт	Толуол-вода
$h$ , м	1,5	2,2	3,1	2,5	3,5	4,	1,5	2,0	3,5	2,5

## Контрольная работа № 2

### Задача № 1.

Определить полный напор, который должен развивать насос при питании горячей водой ( $t=100^{\circ}\text{C}$ ) парового котла с избыточным давлением  $p_k$ , если уровень воды в барабане котла на  $h$  метров выше уровня воды в закрытом питательном баке с избыточным давлением  $p_n$ . Полную потерю напора в трубопроводах принять равной  $\Delta h_{\text{п}}$ .

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p_k \cdot 10^{-5}$ , Па	20	25	28	30	24	30	40	50	45	60
$p_n \cdot 10^{-5}$ , Па	0,2	0,3	0,4	0,25	0,35	0,5	0,4	0,15	0,2	0,2
$h$ , м	12	10	8	14	16	8	15	13	11	10
$\Delta h_{\text{п}}$ , м	1,8	2,0	2,2	2,5	2,3	1,9	5,2	3,2	2,7	2,6

### Задача № 2.

Насос тройного действия подает воду в количестве  $Q$  из колодца глубиной  $h_1$  в водонапорный бак, расположенный на высоте  $h_2$ .

Определить необходимую мощность на валу насоса, если полный КПД насоса  $\eta = 0,70$ , а гидравлическое сопротивление трубопровода характеризуется  $\Delta h_{\text{п}}$ .

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q$ , м <sup>3</sup> /ч	30	32	36	40	50	55	25	60	45	38
$h_1$ , м	4	4,5	3,8	5	4,2	5,2	5,5	3,7	4,8	4,3
$h_2$ , м	35	20	24	28	32	30	35	38	40	29
$\Delta h_{\text{п}}$ , м	5,5	8	7	6	7,5	6,4	7,2	6,2	5,2	8,2

### Задача № 3.

Насос перекачивает жидкость плотностью  $\rho$  из резервуара с атмосферным давлением в аппарат, абсолютное давление в котором составляет  $p_k$ . Высота подъема жидкости  $h$ . Общее сопротивление всасывающей и нагнетательной линии равно  $\Delta h_{\text{п}}$ .

Определить полный напор, развиваемый насосом.

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	850	950	1000	1200	1100	870	1000	1200	1500	950
$p_k \cdot 10^{-5}$ , Па	10	12	14	16	20	30	24	15	8	6
$h$ , м	12	20	14	18	22	30	26	18	15	40
$\Delta h_{\text{п}}$ , м	10,2	9,6	13,6	18,8	9,2	15,0	12,2	14,0	17,0	11,0

#### Задача № 4.

Насос подает мазут плотностью  $\rho$  в количестве  $Q$ . Напор насоса составляет  $H$ , потребляемая двигателем мощность  $N$ . Определить полный КПД насосной установки.

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	950	1000	850	1200	870	950	1100	1000	850	900
$Q$ , м <sup>3</sup> /ч	12	6	24	15	12	24	15	36	62	54
$H$ , м	50	100	35	50	90	50	200	25	75	75
$N$ , кВт	2,1	2,2	2,0	3,0	4,0	4,3	12,6	3,2	18	14

#### Задача № 5.

Определить среднюю и максимальную скорости движения поршня насоса простого действия, диаметр цилиндра которого  $D$ , ход поршня  $S$ , число оборотов  $n$ .

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$D$ , мм	140	130	150	120	110	120	125	130	135	145
$S$ , мм	150	170	180	140	120	130	145	155	165	175
$n$ , об/мин	50	60	45	70	85	55	65	70	55	40

#### Задача № 6.

Определить производительность шестеренного насоса по следующим данным: число оборотов  $n$ , число зубьев у шестерне  $z$ , ширина зуба  $b$ , площадь впадины между зубьями  $f$ , объемный КПД  $\eta_0$ .

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$n$ , об/мин	650	980	1120	630	680	780	830	1000	1120	1180
$z$	12	10	8	14	16	18	10	16	8	20
$b$ , мм	30	30	30	40	40	40	30	50	45	40
$f \cdot 10^4$ , м <sup>2</sup>	7,9	6,5	6,4	8,2	10	11,2	8,2	9,8	9,6	7,8
$\eta_0$	0,72	0,75	0,8	0,82	0,65	0,7	0,75	0,73	0,78	0,80

#### Задача № 7.

Работающий без воздушного колпака поршневой насос простого действия, диаметр цилиндра которого  $D$ , ход поршня  $S$ , забирает воду с температурой  $t=20^\circ\text{C}$  по трубе диаметром  $d=100$  мм и общей длиной  $l$  из колодца глубиной  $h$  при барометрическом давлении  $p_{\text{бар}}$ .

Определить предельно допустимое число оборотов насосов, если сопротивление всасывающего клапана  $\Delta h_{\text{кл}}=0,6$  м вод. ст.

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$D$ , мм	150	150	200	180	160	220	140	150	300	320
$S$ , мм	200	180	240	220	200	250	300	300	300	360
$l$ , м	8	10	12	9,6	15	12	16	20	18	14
$h$ , м	4	3,6	4,2	4,8	4,4	3,5	4,5	5,5	5,0	4,2
$p_{\text{бар}}$ , мм. рт.ст.	750	760	750	770	740	720	760	780	750	736

### Задача № 8.

Определить предельную высоту всасывания центробежного насоса производительностью  $Q$  без учета запаса на кавитацию при температуре воды  $30^{\circ}\text{C}$  и  $80^{\circ}\text{C}$  и барометрическом давлении  $p_{\text{бар}}$ . Диаметр всасывающей трубы  $d=100$  мм, а суммарный коэффициент сопротивления равен  $\xi$ .

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q, \text{ м}^3/\text{ч}$	60	64	56	50	45	48	40	54	30	36
$p_{\text{бар}}, \text{ мм рт.ст.}$	760	760	750	740	740	740	720	720	730	735
$\xi$	8,4	9,2	7,2	11,2	8,8	9,8	10,5	12,0	11,7	13,2

### Задача № 9.

Центробежный насос, работающий с производительностью  $Q$  и напором  $H$  при числе оборотов  $n=2950$  об/мин, установлен на высоте  $1000$  м над уровнем моря.

Определить предельную высоту всасывания при температуре воды  $t$ , если диаметр всасывающей трубы  $d=125$  мм, расчетная длина ее с учетом местных сопротивлений  $l_{\text{расч}}$ . Коэффициент путевых потерь принять равным  $\lambda=0,03$ .

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q, \text{ м}^3/\text{ч}$	100	90	100	80	70	60	50	40	45	50
$H, \text{ м}$	70	70	62	40	50	30	35	45	55	65
$t, ^{\circ}\text{C}$	50	40	40	30	30	20	20	60	60	80
$l_{\text{расч}}, \text{ м}$	23,5	24	20	18	16	12	14	10	15	10

### Задача № 10.

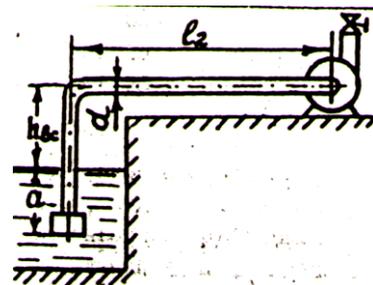
Высота всасывания поршневого насоса с воздушным колпаком, имеющего диаметр цилиндра  $D=250$  мм, ход поршня  $S=300$  мм, составляет  $h_{\text{вс}}$ . Воздушный колпак делит всасывающую трубу диаметром  $d=200$  мм, общей длиной  $l$ , на две части длиной  $l_1$  и  $l_2$ . Сопротивление всасывающего клапана насоса равно  $\Delta h_{\text{кл}}$ . На длине трубы  $l_2$  потери напора составляют  $h_{\text{вс}2}$ .

Определить предельное число оборотов  $n_{\text{кр}}$  вала насоса при  $t$  воды, равной  $10^{\circ}\text{C}$  и барометрическом давлении  $p_{\text{бар}}=724$  мм рт. ст. Как изменится число оборотов, если насос будет работать без воздушного колпака? Принять соотношение радиуса кривошипа к шатуну  $\delta \ll 1$ .

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$h_{\text{вс}}, \text{ м}$	4,8	4,0	4,2	5,0	3,6	3,6	5,0	4,0	4,5	3,8
$l, \text{ м}$	12	14	12	16	18	15	10	10	14	20
$l_1, \text{ м}$	1	1,1	1	1,2	1,25	1,2	1	1	1,1	1,3
$\Delta h_{\text{кл}}, \text{ м}$	1,3	2,0	1,8	1,6	2,0	2,2	1,5	2,1	1,7	2,0
$h_{\text{вс}2}, \text{ м}$	0,8	0,9	1,6	0,6	0,7	0,8	1,1	0,8	0,7	0,9

### Задача № 11.

Определить допустимое наибольшее расстояние  $l$  от колодца до центробежного насоса, перекачивающего воду температурой  $t$ , если высота всасывания равна  $h_{вс}$ , погружение приемного клапана под уровень воды в колодце  $a=1$  м, диаметр всасывающей трубы  $d$ . Насос обеспечивает при числе оборотов  $n$  подачу  $Q$  и напор  $H$ . Коэффициент сопротивления по длине  $\lambda$  принять равным 0,03, а  $\sum \xi_H=6,7$ .



Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$t, ^\circ\text{C}$	50	70	60	60	50	40	40	25	20	20
$h_{вс}, \text{ м}$	1,0	1,1	0,9	0,8	1,2	1,3	1,7	1,4	1,6	2,0
$d, \text{ мм}$	120	100	100	75	75	50	50	75	120	75
$Q, \text{ м}^3/\text{ч}$	60	55	48	42	36	30	40	50	60	40
$H, \text{ м}$	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20
$n, \text{ об/мин}$	1200	950	1100	1200	1450	1450	140	150	2950	2950

### Задача № 12.

Определить действительный напор, развиваемый центробежным насосом при  $n$  об/мин, если наружный диаметр рабочего колеса  $D_2$ , гидравлический КПД насоса  $\eta_H$ , коэффициент влияния конечного числа лопаток  $\sigma_z$ . Жидкость входит в колесо в радиальном направлении, а выходи под углом к касательной к окружности колеса  $\alpha_2$  со скоростью  $C_2=20$  м/с.

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$n, \text{ об/мин}$	1450	950	750	1900	1440	950	750	150	2900	1450
$D_2, \text{ мм}$	300	400	500	250	400	450	400	280	200	320
$\eta_H$	0,85	0,86	0,87	0,89	0,88	0,90	0,91	0,92	0,93	0,84
$\sigma_z$	0,89	0,92	0,84	0,82	0,82	0,83	0,85	0,86	0,87	0,83
$A_2, \text{ град.}$	15	20	15	20	25	30	35	35	40	25

### Задача № 13.

Одноступенчатый центробежный насос, имеющий наружный диаметр колеса  $D_2$ , должен развивать напор  $H$ . Определить необходимое число оборотов вала насоса, если коэффициент напора  $\psi=1$ .

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$D_2, \text{ мм}$	300	400	500	350	450	400	400	350	450	250
$H, \text{ м}$	40	60	80	50	70	80	40	90	10	70

### Задача № 14.

Центробежный насос при перекачивании воды в количестве  $Q_1$  создает напор  $H$ . Пригоден ли этот насос для перекачки жидкости с относительной плотностью 1,2 в количестве  $Q_2$  по трубопроводу диаметром 70 мм из сборника с атмосферным давлением в аппарат с избыточным давлением  $p_k$ . Геометрическая высота равна  $h$ . Расчетная длина трубопровода 150 м. Коэффициент сопротивления  $\lambda=0,03$ .

Определить, какой мощности электродвигатель требуется установить, если КПД установки составляет 0,55.

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q_1, \text{ м}^3/\text{ч}$	15,6	15,5	24,2	12	18	20	28	22	30	15
$H, \text{ м}$	18	36	26	16	30	42	50	15	40	70
$Q_2, \text{ м}^3/\text{ч}$	25	30	22	12	16	20	25	25	25	14
$p_k, \cdot 10^5 \text{ Па}$	0,3	0,3	0,5	0,6	1,2	1,8	3,0	2,0	1,7	5,0
$h, \text{ м}$	8,5	7,0	10	8	10	15	15	12	5	8

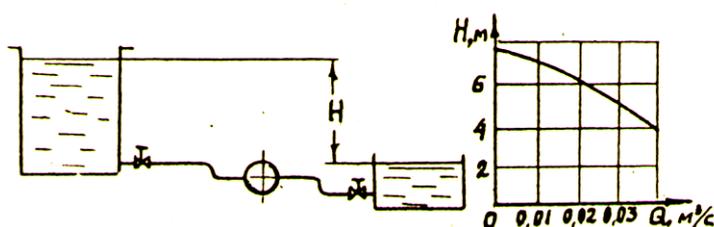
### Задача № 15.

Центробежный насос для перекачки воды при скорости вращения вала  $n_1$  развивает производительность  $Q_1$ , напор  $H_1$  и потребляет мощность  $N_1$ .

Определить КПД насоса и параметры  $Q_2$ ,  $H_2$  и  $N_2$  при числе оборотов  $n_2$ .

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$n_1, \text{ об/мин}$	1140	1200	1500	800	1800	1400	2250	1400	960	1450
$n_2, \text{ об/мин}$	1450	1500	200	600	1200	1600	2900	1200	1450	960
$Q_1, \text{ м}^3/\text{ч}$	56	70	55	28	100	50	84	80	110	28
$H, \text{ м}$	42	70	40	20	80	30	64	100	22	84
$N_1, \text{ кВт}$	10,9	25	10	3	40	10	40	25	11	12

### Задача № 16.



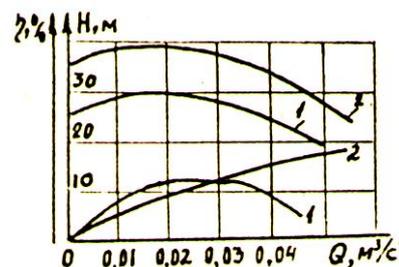
По трубе диаметром  $d=100\text{мм}$  общей длиной  $l$  с коэффициентом сопротивления  $\lambda=0,025$  под действием разности уровней  $H$  из верхнего резервуара в нижний перетекает вода.

Во сколько раз увеличится расход воды в трубе при установке в точке А насоса (характеристика насоса приведена)? Местные потери напора принять равными 15% от линейных.

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$l, \text{ м}$	80	40	60	80	70	50	65	100	90	90
$H, \text{ м}$	1,2	1,2	1,5	2,0	1,4	1,3	2,0	2,5	1,5	2,5

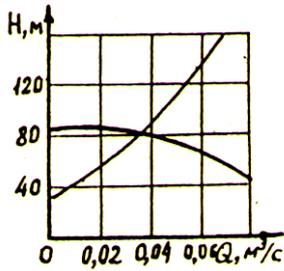
### Задача № 17.

Даны характеристики двух центробежных насосов 1 и 2. Какой из этих насосов более предпочтителен для подачи воды с расходом  $Q$  в сеть со статическим напором  $H_0$ , характеристика которого выражается уравнением  $H = H_0 + 66000Q^2$ ? Какова мощность на валу каждого из этих насосов с производительностью  $Q$ ?



Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q, \text{ м}^3/\text{ч}$	54	54	54	72	62	72	60	60	66	66
$H, \text{ м}$	15	20	24	10	12	15	18	15	10	17

### Задача № 18.



Определить, как изменится подача воды центробежным насосом при изменении числа оборотов с  $n_1$  до  $n_2$ . Характеристика насоса при  $n_1$  и характеристика сети, выражаемая уравнением  $H = 40 + 25000Q^2$ , приведена.

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$n_1$ , об/мин	950	750	900	750	1200	250	250	150	100	150
$n_2$ , об/мин	1450	950	1200	1100	1500	2800	2200	1300	800	2000

### Задача № 19.

Рабочая площадь разгрузочного диска гидравлической пяты представляет собой кольцо с наружным диаметром  $d_D$  и внутренним диаметром  $d_B$ . Определить (приблизительно) величину осевого усилия, возникающего в насосе и компенсируемого гидравлической пятой, если полное давление, развиваемое насосом  $p_K$ , а давление во внешней полости гидравлической пяты  $p_B$ . При расчете сопротивление зазоров не учитывать.

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d_D$ , мм	250	200	220	250	300	200	250	280	300	200
$d_B$ , мм	100	100	110	120	150	110	130	120	130	100
$p_K \cdot 10^5$ Па	8	6	9	10	15	12	14	18	22	5
$P_B \cdot 10^5$ Па	1,5	2	1,8	2	2,5	2	2	2,5	2	1,5

П Р И Л О Ж Е Н И Е

Т а б л и ц а 1  
Плотность некоторых жидкостей при  $t = 20^{\circ}\text{C}$

Жидкость	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Жидкость	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>
Ацетон	810	Масло трансформаторное	885
Бензин	760	Масло касторовое	960
Бензол	900	Масло турбинное	860
Вода	1000	Нитробензол	1200
Глицерин	1270	Нефть	860
Дихлорэтан	1250	Спирт этиловый	800
Дизельное топливо	850	Серная кислота	1830
Керосин	820	Толуол	870
Мазут	920	Ртуть	13600

Т а б л и ц а 2  
Кинематическая вязкость некоторых жидкостей при  $t = 20^{\circ}\text{C}$

Жидкость	$\nu \cdot 10^6$ , м <sup>2</sup> /с
Ацетон	0,35
Вода	1,01
Глицерин, 50%	8,70
Масло турбинное	97,0
Нефть	25,0
Спирт этиловый	1,26

Т а б л и ц а 3  
Средние значения модуля упругости "E" жидких и твердых тел

Жидкость	Модуль уп- ругости $E \cdot 10^9$ , Па	Твердое тело	Модуль уп- ругости $E \cdot 10^9$ , Па
Вода	2,06	Сталь углеродистая	206
Глицерин	3,08	Сталь легированная	216
Керосин	1,37	Чугун	150
Масло турбинное	1,72	Дюралюминий	70
Нефть	1,28	Латунь, бронза	118
Ртуть	24,6	Алюминий вальцованный	68
Спирт	0,98		

Т а б л и ц а 4

Величина абсолютной шероховатости стенок трубопроводов

Материал труб	$\Delta$ , мм
Сталь	0,2-0,4
Латунь	0,1-0,15
Чугун	0,6-0,9
Алюминиевый сплав	0,1-0,12
Сталь нержавеющая	0,75

Т а б л и ц а 5

Зависимость атмосферного давления от высоты над уровнем моря

Высота над уровнем моря, м	$P_{бар}$ м вод.ст.	Высота над уровнем моря, м	$P_{бар}$ м вод.ст.
0	10,3	700	9,5
100	10,2	800	9,4
200	10,1	900	9,3
400	9,8	1000	9,2
500	9,7	1500	8,6
600	9,6		

Т а б л и ц а 6

Зависимость вязкости воды от температуры

$t, ^\circ C$	$\nu \cdot 10^6$ м <sup>2</sup> /с	$t, ^\circ C$	$\nu \cdot 10^6$ м <sup>2</sup> /с	$t, ^\circ C$	$\nu \cdot 10^6$ м <sup>2</sup> /с
0	1,792	20	1,010	48	0,568
6	1,473	30	0,800	54	0,515
12	1,236	36	0,707	60	0,469
18	1,056	42	0,832	80	0,360

Т а б л и ц а 7

## Коэффициенты местных сопротивлений

Вид сопротивления	Значение коэффициента местного сопротивления				
Вход в трубу	0,3				
Выход из трубы	1,0				
Вентиль нормальный	5				
Кран пробочный	3,5				
Поворот на 90°	0,15				
$R/d = 2$					
Всасывающая коробка с сеткой					
Внезапное расширение	$\xi = \left(1 - \frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^2$				
Внезапное сужение $\omega_2/\omega_1$	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
$\xi$	0,43	0,33	0,25	0,15	0

Т а б л и ц а 8

## Расходная характеристика стальных водопроводных труб

$d$ , мм	$K$ , л/с	$d$ , мм	$K$ , л/с	$d$ , мм	$K$ , л/с
50	9,50	125	97,17	200	328,4
80	29,26	150	149,20	225	455,4
100	61,16	175	229,70	250	622,2

Т а б л и ц а 9

## Зависимость давления парообразования воды от температуры

Температура, °С	Давление насыщенного пара $p_{нас}$ , м вод.ст.	Температура, °С	Давление насыщенного пара $p_{нас}$ , м вод.ст.
5	0,09	10	0,12
20	0,24	70	3,17
30	0,43	80	4,82
40	0,75	90	7,14
60	2,02	100	10,3

## Литература

Методическое пособие, использованное при подготовке заданий:

Гидравлика и гидравлические машины: Программа метод. указания и контрольные задания/ Казан. гос. технол. ун-т. Сост.: Зинатуллин Н.Х. Антонов В.В. Казань, 1993.-48 с. (КХТИ).

Основная литература, используемая при решении задач контрольных работ:

1. Ю.А Борисов. [Официальный сайт Борисова Ю.А.](#) Гидравлика. Курс лекций.
2. К.Ф.Павлов и др. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Л.: «Химия», 2006, 576 с.
3. Д.В.Штеренлихт и др. Гидравлические расчеты. «Колос», 2002.