

$Q_d$ , мощности  $N_d$  и КПД  $\eta_d$  при работе данного насоса на данную сеть. Само собой разумеется, что если КПД насоса при этом сильно отличается от максимального (более, чем на 7%), для работы на данную сеть нужно подбирать другой насос таким же образом.

Уравнение напора сети имеет вид

$$H_c = H + KQ^2, \quad (4.13)$$

где  $H$  - полный напор, складывающийся из высоты подъема жидкости и разности давлений в исходном и конечном резервуарах, м;  $K$  - коэффициент пропорциональности, характеризующий сеть,  $\text{с}^2/\text{м}^5$ . Он равен

$$K = \frac{8\xi_s}{\pi^2 d^4 g}. \quad (4.14)$$

Без учета местных потерь напора коэффициент пропорциональности равен

$$K = \frac{8\lambda l}{\pi^2 d^5 g}. \quad (4.15)$$

## 5. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа включает в себя два контрольных вопроса и пять задач. Студенты выбирают варианты контрольной работы в зависимости от номера зачетной книжки - по последней ее цифре (т.е. номер варианта должен совпадать с последней цифрой шифра зачетной книжки). Выбор номеров контрольных вопросов следует производить по номеру варианта из представленной ниже таблицы.

Варианты контрольных вопросов

Вариант	Номер вопроса	Вариант	Номер вопроса
1	1; 6	6	11; 16
2	2; 7	7	12; 17
3	3; 8	8	13; 18
4	4; 9	9	14; 19
5	5; 10	10	15; 20

При выполнении контрольной работы необходимо:

- дать подробные ответы на контрольные вопросы;
- изобразить рисунок, поясняющий условия задачи;
- последовательно и подробно изложить решение задачи вначале в буквенных выражениях, затем в цифрах;
- привести ответы решенных задач в системе единиц измерения СИ.

Примеры решения типовых задач приведены, в частности, в литературе [3].

## 6. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

### Варианты 1-5

#### Вопросы

1. а) Какие силы действуют в покоящейся и движущейся жидкостях?  
 б) В чем смысл уравнения постоянства расхода потока и каково его практическое применение?  
 в) В чем состоит физический смысл понятия полный напор насоса и как рассчитать потребный и рабочий напор?
2. а) В чем физический смысл абсолютного, избыточного давления, вакуума; чем отличаются и как измеряют эти давления?  
 б) Уравнение Бернулли для элементарной струйки идеальной жидкости. В чем его физический смысл?  
 в) Высота всасывания насоса. Каковы возможные пределы высоты всасывания? Когда в насосах возникают кавитационные явления?
3. а) Как отличаются понятия давления и силы давления?  
 б) Геометрический и энергетический смысл уравнения Бернулли. Каково практическое применение этого уравнения для расчета трубопроводов различной конфигурации?  
 в) Устройство и принцип действия центробежного насоса. Что такое план скоростей?
4. а) В чем смысл основного закона гидростатики?  
 б) Уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости. Чем оно отличается от подобного уравнения для идеальной жидкости?  
 в) Как определяют теоретический напор центробежного насоса для условий безударного входа и действительный напор насоса с конечным



- числом лопаток?
5. а) Что такое эпюра гидростатического давления?  
 б) Расходомерные устройства, их варианты. Каковы принципы работы этих устройств?  
 в) Чем объясняется выбор лопаток реактивного типа для насосов? (сравните 3 возможные формы лопаток и их влияние на величину напора).
6. а) В чем физический смысл гидростатического напора и каковы его свойства?  
 б) Режимы движения жидкости. Чем отличаются режимы движения?  
 в) Что такое рабочая характеристика насоса? Как взаимосвязаны основные характеристики насоса? Каким образом регулируется производительность насоса?
7. а) Каковы законы сообщающихся сосудов и чем отличаются случаи расположения уровней однородной жидкости и двух несмешивающихся жидкостей в сообщающихся сосудах?  
 б) Каково распределение скоростей по живому сечению при ламинарном движении в трубе для жидкостей с различными вязкостями?  
 в) Что такое характеристика сети, рабочая точка? Как оценить правильность подбора насоса?
8. а) Смысл закона Паскаля и его практическое применение.  
 б) Формула Пуазейля. Потеря энергии по длине трубопровода. От чего она зависит?  
 в) Для чего применяются и в чем состоят принципы параллельного и последовательного соединения насосов?
9. а) Дифференциальные уравнения гидростатики. В чем их физический смысл и прикладное значение?  
 б) Средняя скорость при турбулентном движении жидкости. Чем определяется толщина пограничного слоя и постоянна ли она?  
 в) В чем причины появления силы осевого давления в центробежном насосе и каковы способы ее уменьшения?
10. а) Приборы для измерения давления. Какие из них можно применить для измерения давления 0,1; 1,5; 20 бар?  
 б) Формулы для определения коэффициента трения по длине трубы. График Никурадзе и график ВТИ. Какие области работы труб отражены на этих графиках?  
 в) Как влияет изменение частоты вращения на параметры работы

центробежного насоса? Приведите основные формулы пересчета.

### Задача N 1

Определить вакуум в резервуаре (рис.1), если заданы уровни ртути в коленах  $h_1$  и  $h_2$  и атмосферное давление  $p_{\text{атм}}$ , плотности воды и ртути:  $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho_{\text{рт}} = 13600 \text{ кг/м}^3$ . Ответ дать в метрах водяного столба и  $\text{Н/м}^2$ .

Вариант	$h_1$ , м	$h_2$ , м	$p_{\text{атм}}$ , кПа
1	0,100	0,200	100
2	0,150	0,250	98,1
3	0,150	0,300	100
4	0,100	0,300	98,1
5	0,125	0,250	98,1

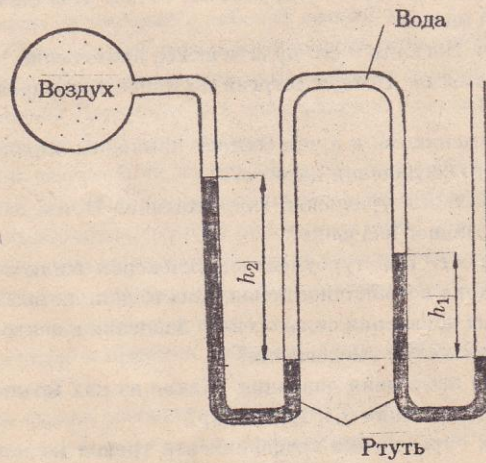


Рис. 1



## Задача N 2

Цилиндрический сосуд диаметром  $D$  и высотой  $H$ , заполненный до краев жидкостью плотностью  $\rho$ , вращается вокруг вертикальной оси. Определить: 1) частоту вращения сосуда, при которой три четверти первоначального объема жидкости остаются в сосуде; 2) наибольшее избыточное давление на дно сосуда; 3) силу давления на дно сосуда.

Вариант	H, м	D, м	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>
1	0,6	0,6	1000
2	0,7	0,5	1000
3	0,75	0,4	800
4	0,8	0,4	800
5	1	0,3	800

## Задача N 3

Определить длину трубы  $l$ , при которой расход жидкости из бака будет в 2 раза меньше, чем через отверстие того же диаметра. Напор над отверстием равен  $H$ . Принять: коэффициент гидравлического трения в трубе  $\lambda = 0,025$ ; коэффициент сопротивления входа в трубу  $\zeta_{вх} = 0,5$ ; коэффициент расхода отверстия  $\mu_{отв} = 0,6$ .

Вариант	H, м	d, мм
1	6	30
2	5	50
3	4	40
4	6	50
5	5	30

## Задача N 4

По стальному трубопроводу длиной  $l$  подается вода с расходом  $Q$  м<sup>3</sup>/с, диаметр трубопровода  $d$ , а толщина стенок  $\delta$ . Определить повышение давления в трубопроводе, если в его конце будет закрыта задвижка в течение  $t_{зак}$ , а модули упругости равны

$$E_{в} = 2,03 \cdot 10^3 \text{ МПа}, \quad E_{ст} = 2,03 \cdot 10^5 \text{ МПа}.$$

Вариант	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$d, \text{ мм}$	$l, \text{ м}$	$\delta, \text{ мм}$	$t_{\text{зак}}, \text{ с}$
1	0,01	55	1000	3	2,0
2	0,015	70	1500	3	2,0
3	0,028	200	2000	6	3
4	0,01	150	1500	5,5	2,0
5	0,02	100	1500	3	1,8

## Задача N 5

Воду в количестве  $Q$  перекачивают из открытого сосуда в сосуд, находящийся под давлением  $p$  и расположенный на высоте  $H$ . Диаметр трубопровода  $d$ , а его длина  $l$ . Длина, эквивалентная местным сопротивлениям, соответствует 350 диаметрам трубопровода. Определить время, необходимое для перекачивания, если используется центробежный насос с характеристикой, представленной ниже:

Объемная

производительность $Q \cdot 10^3, \text{ м}^3/\text{с} \dots$	1	2	3	4	5	6
Напор $H, \text{ м} \dots$	39,0	38,5	37,5	36,0	34,0	32,2

Определить также мощность, потребляемую насосом, если его полный КПД равен 0,55. Коэффициент гидравлического трения по длине принять  $\lambda = 0,63$ .

Вариант	$Q, \text{ м}^3/\text{ч}$	$p, \text{ атм}$	$H, \text{ м}$	$d, \text{ мм}$	$l, \text{ м}$
1	50	1,5	15	58	120
2	60	1,6	13	56	110
3	70	1,7	11	54	100
4	80	1,8	9	52	90
5	90	1,9	7	50	80

## Варианты 6-10

## Вопросы

11. а) Чему равна сила давления жидкости на плоскую стенку?

б) Местные Эквивалентная ний?

в) Устройств ные части порш гих типов?

12. а) Чему рав

б) Истечение ке при перемен течения при по

в) Как рассч стого действия?

13. а) Что тако наклонной стен

б) Истечение ке при постоян

в) От чего за равномерность

14. а) Смысл и

б) Расчет кор расхода, потерь

в) Что такое ее величину?

15. а) Каково ут кое жидкости в

б) Расчет дл

в) В чем сост фик подачи в на

16. а) Каков за ном покое в рав

б) Что такое водов? Основны

в) Устройств область примен

17. а) Каковы о применить при

б) Что такое