

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Блинова Светлана Павловна

Должность: Заместитель директора по учебно-воспитательной работе

Дата подписания: 29.09.2020 11:02:32

Уникальный программный ключ:

1cafd4e102a27ce11a89a2a7ceb30237f3ab5c65

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Норильский государственный индустриальный институт»  
Политехнический колледж

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

**ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
«ГИДРАВЛИКА И ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ»**

по специальности  
13.02.01 Тепловые электрические станции

Методические указания по выполнению самостоятельных работ по учебной дисциплине **«ГИДРАВЛИКА И ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ»** разработаны на основе рабочей программы в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по специальности среднего профессионального образования 13.02.01 Тепловые электрические станции.

Организация-разработчик: Политехнический колледж ФГБОУ ВО «Норильский государственный индустриальный институт».

Разработчик:  
Л.И. Стрельникова – преподаватель

Рассмотрено на заседании предметно-цикловой комиссии тепловых электрических станций

Председатель комиссии \_\_\_\_\_ С.И. Семенова

Утвержден методическим советом политехнического колледжа ФГБОУ ВО «Норильский государственный индустриальный институт».

Протокол заседания методического совета № \_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зам. директора по УР \_\_\_\_\_ С.П. Блинова

## **ВВЕДЕНИЕ**

Обучающиеся специальности 13.02.01 Тепловые электрические станции изучают дисциплину «Гидравлика и гидравлические машины» в соответствии с рабочей программой.

Программой дисциплины предусмотрены часы на выполнение самостоятельной работы обучающегося, что подразумевает работу с дополнительными источниками для изучения и дальнейшего конспектирования нового материала, самостоятельного решения практических задач, выполнение рефератов и разработку плакатов.

В результате изучения данной дисциплины обучающиеся должны знать основные законы гидростатики и гидродинамики, конструкции и назначение насосов, применимых на тепловых электростанциях и в котельных, а так же должны уметь производить гидравлические расчеты трубопроводов и выбор насосов.

## 1 ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Вид самостоятельной работы	Наименование разделов и тем
1	2
	<b>Раздел 1. Гидравлика (26ч.)</b>
Решение задач	1.1 Физические свойства жидкостей (3ч.)
Решение задач, отчет по ПР	1.2 Гидростатика (4ч.)
Решение задач, презентация, реферат	1.3 Гидродинамика (5ч.)
Решение задач, отчет по ПР	1.4 Гидравлические сопротивления (5ч.)
Выполнение конспекта Решение задач	1.5 Истечение жидкости через отверстия и насадки(4ч.)
Решение задач	1.6 Движение жидкости по трубопроводам и каналам(5ч.)
	<b>Раздел 2. Гидравлические машины (22)</b>
Выполнение рефератов, презентаций	2.1 Общие сведения о гидравлических машинах (3ч.)
Выполнение конспекта	2.2 Центробежные гидравлические насосы (7ч.)
Решение задач Выполнение конспекта	2.3 Поршневые гидравлические насосы (2ч.)
Выполнение конспекта, написание рефератов	2.4 Насосы и вентиляторы энергетических предприятий (7ч.)
Написание реферата	2.5 Гидравлические насосы специального назначения (3ч.)

## 2 ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа преследует цель углубления знаний обучающегося и выступает формой самоконтроля.

Самостоятельная работа выполняется в отдельной тетради.

Перед выполнением самостоятельной работы нужно внимательно изучить методические указания и выполнить задание в строгом соответствии с ними.

### **Самостоятельное изучение тем и выполнение конспекта**

После изучения нового теоретического материала студенты должны сделать краткий конспект темы, решить приведенные в пособие задачи, либо выполнить указанное после темы задание.

Самостоятельное конспектирование темы включает в себя следующие этапы выполнения работы:

- 1) Внимательно прочтите весь параграф.
- 2) Разберитесь с тем, что означают новые термины и определения.
- 3) Тщательно изучите рисунки, схемы.
- 4) Внесите в тетрадь записи важных определений и понятий, а также указанные в задании схемы и рисунки.
- 5) После выполнения в конспекте рисунков и схем необходимо пояснить их. После написания формул необходимо указать единицы измерения.

6) Запишите ответы на вопросы для самопроверки

Конспект должен быть выполнен кратко и с логичным изложением материала. Работа должна быть выполнена аккуратно, четким разборчивым подчерком.

*Работа должна быть правильно оформлена:*

- написана разборчиво;
- лист бумаги должен иметь поля (не менее 2,5 см);
- составлен список изученной литературы;
- страницы должны быть пронумерованы;
- последний лист оставить свободным для рецензии.

Самостоятельная работа выполняется в сроки установленные графиком учебного процесса.

Если работа не зачтена, то необходимо выполнить рекомендации по доработке в той же тетради и представить ее вновь на рецензирование.

*Основания для незачета самостоятельной работы:*

- отсутствие вопросов перед ответами;
- неверные, неточные и неконкретные ответы на поставленные вопросы;
- несамостоятельный характер выполнения;
- неправильное, небрежное оформление работы.

## **Оформление компьютерной презентации**

Компьютерная презентация должна быть разработана в среде Microsoft PowerPoint. Рекомендуемое количество слайдов в презентации 10-15. Фон слайда должен быть светлым (желательно - не белым).

Текст надписей должен быть крупным, темного цвета, хорошо различимым из аудитории.

Титульный слайд презентации должен содержать следующую информацию:

- наименование комиссии;
- наименование специальности;
- тема презентации;
- название дисциплины;
- ФИО и код учебной группы студента;
- год выполнения работы.

Рисунки, фотографии и схемы должны быть, по-возможности, размером во весь экран и достаточно четко восприниматься из аудитории.

Звуковое сопровождение слайдов и излишнее применение анимационных эффектов не допускается.

Управление показом презентации во время доклада должно осуществляться выступающим студентом самостоятельно в ручном режиме или режиме анимации.

## **Решение задач**

Рекомендуемая учебная литература и методические указания с изложенными примерами решения типовых задач по самостоятельной работе могут помочь в выработке умений решать их. Для успешного решения задач необходимо:

- прочитав условие задачи и найти в учебной литературе указанную тему;
- найти в учебной литературе условные обозначения, например, необходимых физических величин, формулы, таблицы для определения искомой величины;
- после решения задачи и получения ответа найти в учебнике тот материал, который подтвердит его правильность.

## **Подготовка рефератов**

*Реферат* – краткое изложение содержания книги, статьи или нескольких работ по общей тематике, а также доклад с таким изложением.

Подготовка рефератов способствует развитию умения самостоятельно работать с книгой, находить нужную информацию, извлекать наиболее значимую информацию из текста, выделять главное и фиксировать его в логическую цепочку. Процесс выделения и раскрытия логических цепочек предполагает неоднократное чтение материала. Первичное дает общее представление, вторичное позволяет выделить главные мысли, третье – выделить материал для пояснения отдельных звеньев.

Общий объём текстовой части реферата может составлять от 3 до 5 листов. Реферат должен содержать:

- титульный лист (Приложение Б);
- содержание;
- текстовая часть;
- список использованной литературы.

## **Самостоятельная работа по дисциплине «Гидравлика и гидравлические машины»**

### **Раздел 1. Гидравлика**

#### **Тема 1.1 Физические свойства жидкостей**

#### **Вид самостоятельной работы:**

1 Решение задач

#### **Самостоятельная работа 1**

Решение задач по теме «Физические свойства жидкостей»

**Цель:** развить и закрепить навыки решения задач.

#### **Типовые задачи с решениями**

##### **Пример 1**

Определить удельный объем и удельный вес нефтепродукта, если его плотность  $\rho = 910 \text{ кг/м}^3$  и ускорение свободного падения  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

*Решение*

1) Определяем удельный объем:

$$\nu = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{910} = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{кг}$$

2) Определяем удельный вес:

$$\gamma = \frac{G}{V}$$

В этой формуле выразим вес  $G$  через массу по закону Ньютона и удельный объем через массу и плотность, т.е.

$$G = mg \quad \text{и} \quad V = m / \rho$$

Подставим значение веса и объема в исходную формулу, получим:

$$\gamma = \rho g$$

Тогда  $\gamma = 910 \cdot 9,81 = 8,93 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^3$

## Задачи для самостоятельного решения

### Задача №1

Нефть в капиллярной трубке поднимается на высоту  $h_1$ (мм). На какую высоту  $h_2$ (мм) поднимется вода в капиллярной трубке диаметр которой  $d_2$ (м).  
 $\gamma_{\text{неф}}=7848 \text{ Н/м}^3$ ;  $\sigma_{\text{неф}}=0,025 \text{ Н/м}$ ;  $\gamma_{\text{вод}}=9810 \text{ Н/м}^3$ ;  $\sigma_{\text{вод}}=0,073 \text{ Н/м}$ .

### Задача №2

Определить коэффициент динамической вязкости жидкости с условной вязкостью  $5^0 \text{ ВУ}$ . Плотность жидкости принять равной  $\rho = 830 \text{ кг/м}^3$ .

### Задача №3

Определить количество израсходованного мазута из вертикального цилиндрического бака диаметром  $D=1,5 \text{ м}$ , если за некоторое время уровень понизился на  $h=0,3 \text{ м}$ . Плотность мазута равна  $\rho = 940 \text{ кг/м}^3$ .

### Задача №4

Глицерин в капиллярной трубке поднимается на высоту 30 мм. На какую высоту поднимется касторовое масло в капиллярной трубке, диаметр которой вдвое больше. Плотность глицерина принять равной  $\rho = 1250 \text{ кг/м}^3$ , касторового масла  $\rho = 970 \text{ кг/м}^3$ . Коэффициент поверхностного натяжения глицерина принять равным  $\sigma = 0,065 \text{ Н/м}$ , касторового масла  $\sigma = 0,035 \text{ Н/м}$ .

## Вопросы для самоконтроля знаний

- 1 В каких единицах измеряют динамическую вязкость жидкости.
- 2 В каких единицах измеряют кинематическую вязкость жидкости.
- 3 Как изменяется вязкость капельных жидкостей при изменении их температуры.
- 4 Каким прибором измеряется вязкость жидкости.
- 5 Как изменяется коэффициент поверхностного натяжения жидкости с увеличением температуры.
- 6 Как изменяется плотность жидкости при увеличении температуры.
- 7 Дайте определение капельной и газообразной жидкости.
- 8 Дайте определение идеальной и реальной жидкостей.
- 9 Дайте определение удельного веса жидкости указать единицы измерения.
- 10 Дайте определение удельного объема жидкости указать единицы измерения.
- 11 Дайте определение плотности жидкости указать единицы измерения.
- 12 Чем отличается сжимаемость жидкости от газов?
- 13 Дать определение вязкости жидкости.

## Рекомендуемая литература:

[1, с.9], [2, с.13].

## Тема 1.2 Гидростатика

### Вид самостоятельной работы:

1 Решение задач

### Самостоятельная работа 2

Решение задач по теме «Гидростатика»

**Цель:** развить и закрепить навыки решения задач.

### Задачи для самостоятельного решения

#### Задача №5

Определить величину абсолютного давления в трубопроводе, если жидкость в трубке пьезометра поднялась на высоту  $h=20$  см при  $P_{ат}=1$  ат;  $\gamma_v=9810$  н/м<sup>3</sup>.

#### Задача №6

Определить высоту столба воды в пьезометре над уровнем жидкости в закрытом сосуде. Вода в сосуде находится под абсолютным давлением  $P_{абс}=1,06$  ат;  $\gamma_v=9810$  н/м<sup>3</sup>.

#### Задача №7

Определить высоту столба ртути  $h_2$  (см), если центр трубопровода будет расположен на высоте  $h_1=5$  см выше линии раздела между водой и ртутью, а манометрическое давление в трубке равно  $P_{ман}=1,5$  ( $\frac{H}{M^2}$ );

$$P_{ам}=9,81 \cdot 10^4 \frac{H}{M^2}; \quad \gamma_{рт}=133416 \frac{H}{M^3}; \quad \gamma_{вод}=9,81 \cdot 10^4 \frac{H}{M^3}.$$

#### Задача №8

Определить силу избыточного давления на дно и боковые стенки шириной 4 м, длиной 10 м, при заполнении его на высоту  $h=3$  м.

#### Задача №9

Определить высоту, на которую поднимется вода в вакуумметр, если абсолютное давление воздуха в баллоне  $P_{абс}=0,95$  ат;  $P_{ат}=1$  ат;  $\gamma_v=9810$  н/м<sup>3</sup>.

#### Задача №10

Определить величину вакуумметрического и абсолютного давления в баллоне, если показание вакуумметра  $h_{вак}=0,7$  м вод ст,  $P_{ат}=1$  ат;  $\gamma_v=9810$  н/м<sup>3</sup>

### Вопросы для самоконтроля знаний

1. Привести примеры практического применения закона Паскаля.
2. Каким образом работает гидравлический пресс.
3. Какие бывают конструкции гидравлических аккумуляторов.
4. Область применения, устройство и принцип действия гидравлических аккумуляторов.
5. Назначение, область применения, конструктивные особенности и принцип работы манометров.
6. Назначение, область применения, конструктивные особенности и принцип работы вискозиметров.

7 Назначение, область применения, конструктивные особенности и принцип работы термометров.

**Рекомендуемая литература:**

[ 1 ,с.16], [2, с.20 ].

**Тема 1.3 Гидродинамика**

**Вид самостоятельной работы:**

1 Решение задач;

2 Выполнение рефератов, оформление компьютерных презентаций.

**Самостоятельная работа 3**

Подготовка рефератов по теме «Гидростатическое давление и его свойства»

**Цель:** развитие умения самостоятельно работать с книгой, и другими источниками находить нужную информацию, выделять главное.

**Темы рефератов, презентаций:**

История развития гидравлики.

Практическое применение законов гидравлики.

**Самостоятельная работа 4**

Решение задач по теме «Гидродинамика»

**Цель:** развить и закрепить навыки решения задач.

**Типовые задачи с решениями**

**Пример 2**

Определить среднюю скорость и расход жидкости в сечении большего диаметра конической трубы, если  $d_1 = 400\text{мм}$ ,  $d_2 = 200\text{мм}$  и средняя скорость в сечении меньшего диаметра  $\omega_2 = 1,0\text{м/с}$ .

*Решение:*

1) Из уравнения неразрывности потока

$$s_1\omega_1 = s_2\omega_2 = \text{const}$$

следует, что

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{s_2}{s_1}, \text{ или } \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$$

2) Определяем среднюю скорость в сечении большего диаметра трубы:

$$\omega_1 = \omega_2 \frac{d_2^2}{d_1^2} = 1 \cdot \frac{0,2^2}{0,4^2} = 0,25\text{м/с}$$

3) Определяем расход жидкости в трубе, так как

$$Q_1 = Q_{II} = Q = \text{const}, a$$

$$Q = s_1 \omega_1 = s_2 \omega_2 = \text{const}, mo$$

$$Q = s_1 \frac{\pi d_1^2}{4} = 0,25 \frac{3,14 \cdot 0,4^2}{4} = 0,0314 m^3 / c \text{ или } 113,04 m^3 / ч$$

### Пример 3

Определить расход воды в трубе  $D = 200 \text{ мм}$ , если диаметр цилиндрической вставки водомера Вентури  $d = 100 \text{ мм}$ ; разность напоров в большом и малом сечениях  $h = 0,5 \text{ м}$  и коэффициент, учитывающий потери напора в водомере  $\zeta = 0,98$ .

Решение:

1) Определяем постоянную  $K$  данного водомера:

$$K = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2g}{\left(\frac{D}{d}\right)^4 - 1}} = \frac{3,14 \cdot 0,2^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81}{(0,2/0,1)^2 - 1}} = 0,036 m^3 / c.$$

2) Определяем расход воды в трубе:

$$Q = \zeta K \sqrt{h} = 0,98 \cdot 0,036 \sqrt{5} = 0,025 m^3 / c, \text{ или } 90 m^3 / c.$$

### Задачи для самостоятельного решения

#### Задача №11

Определить гидравлический радиус трубы с внутренним диаметром равным  $d = 0,4 \text{ м}$ , работающей: а) полным сечением; б) заполненной на половину сечения.

#### Задача №12

Определить расход жидкости, проходящей через трубу  $d = 30 \text{ мм}$ , если средняя скорость потока  $\omega = 1,3 \text{ м/с}$ .

#### Задача №13

Определить среднюю скорость движения жидкости в трубе диаметром  $d = 40 \text{ мм}$ , при пропуске расхода воды  $Q = 0,8 \text{ л/с}$ .

#### Задача №14

Определить массовый расход воды в трубе с внутренним диаметром  $d = 325 \text{ мм}$ , если скорость воды  $\omega = 2,5 \text{ м/с}$  и плотность  $\rho = 917 \text{ кг/м}^3$ .

#### Задача №15

Подобрать площадь живого сечения канала прямоугольного поперечного сечения для пропуска расход  $Q = 2800 \text{ л/с}$  при средней скорости течения  $\omega = 60 \text{ см/с}$ .

#### Задача №16

Определить высоту, на которую поднимется струя воды, вытекающая из трубопровода вертикально вверх. Скорость воды на выходе из трубопровода  $15 \text{ м/с}$ . Коэффициент  $= 1$ .

#### Задача №17

Определить расход жидкости с помощью расходомера Вентури, если диаметр до сужения  $D = 150 \text{ мм}$ , в узкой части  $d = 60 \text{ мм}$ , разность показаний пьезометров  $h = 1 \text{ м}$ .

### **Вопросы для самоконтроля знаний**

1. Что следует из уравнения постоянства расхода?
2. Что показывает уравнение неразрывности потока?
3. Дать определение установившемуся, неустановившемуся, равномерному, неравномерному, напорному и безнапорному движению жидкости.
4. Сформулировать понятие элементарной струйки жидкости.
5. Охарактеризовать основные гидравлические элементы потока.
6. Какой расход называется массовым, объемным, весовым.
7. Указать единицы измерения массового, объемного, весового расходов.
8. Объяснить смысл понятия геометрическая высота.
9. Что такое пьезометрическая высота.
10. Какие параметры потока жидкости связывает между собой уравнение Бернулли.
11. Какой закон представляет собой уравнение Бернулли.
12. Сформулируйте геометрический смысл уравнения Бернулли.
13. В чем отличие в записи уравнения Бернулли для потока идеальной и реальной жидкости
14. Объяснить, в результате чего изменяется величина пьезометрической высоты и высоты скоростного напора от одного сечения к другому.
15. Изменится ли величина полного гидродинамического напора в конце трубопровода для реальной жидкости и почему.

### **Рекомендуемая литература:**

[1, с.17], [2, с.54];

### **Тема 14. Гидравлические сопротивления**

#### **Вид самостоятельной работы:**

1 Решение задач

#### **Самостоятельная работа 5**

Решение задач по теме «Гидравлические сопротивления»

**Цель:** развить и закрепить навыки решения задач.

#### **Типовые задачи с решениями**

##### **Пример 4**

Определить местные потери напора, если жидкость движется со скоростью  $v = 1 \text{ м/с}$  через цилиндрический трубопровод с острыми кромками, два колена (при  $R_k \gg 2d$ ), полностью открытую задвижку с выходом из трубы в резервуар под уровень жидкости.

*Решение:*

1) Определяем суммарный коэффициент местных сопротивлений с учетом табл.3:

$$\xi_m = \Sigma \xi = \xi_{\text{вх}} + 2\xi_k + \xi_s + \xi_{\text{вых}} = 0,5 + 2 \cdot 0,5 + 0,12 + 1,0 = 2,62$$

2) Определяем местные потери напора:

$$h_{\text{ом}} = \xi_m \frac{v^2}{2g} = 2,62 \frac{1^2}{2 \cdot 9,81} = 0,134 \text{ м}$$

### Пример 5

Определить потери напора на трение по длине в новом стальном трубопроводе ( $k_s = 0,1 \text{ мм}$ ) диаметром  $d = 0,2 \text{ м}$  и длиной  $l = 2 \cdot 10^3 \text{ м}$ , если по нему транспортируется вода с расходом  $Q = 0,02 \text{ м}^3/\text{с}$ . Кинематический коэффициент вязкости воды  $\nu = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ . Найти потери напора при транспортировании по этому же трубопроводу нефти с тем же расходом. Кинематический коэффициент вязкости нефти  $\nu = 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ .

*Решение:*

1) Скорость движения воды или нефти

$$\omega = Q/S = \frac{0,02 \cdot 4}{3,14 \cdot 0,2^2} = 0,64 \text{ м/с}$$

2) Число Рейнольдса при транспортировании воды

$$\text{Re} = \omega d / \nu = \frac{0,64 \cdot 0,2}{10^{-6}} = 1,28 \cdot 10^5,$$

т.е. режим будет турбулентным.

3) Коэффициент сопротивления на трение находим по формуле Альтшуля:

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{l}{d} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25} = 0,11 \left( \frac{10^{-4}}{0,2} + \frac{68}{1,28 \cdot 10^5} \right)^{0,25} = 0,0198$$

Такое же значение можно получить из графика Г.А.Мурина

4) Потери напора

$$h = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2g} = 0,0198 \frac{2 \cdot 10^3}{0,2} \cdot \frac{0,64^2}{2 \cdot 9,81} = 0,041 \text{ м вод.ст}$$

5) Число Рейнольдса при транспортировании нефти

$$\text{Re} = \omega d / \nu = 0,64 \cdot 0,2 / 10^{-4} = 1,28 \cdot 10^3,$$

т.е. режим будет ламинарным.

6) Потери напора вычисляются аналогично, но с новым значением коэффициента сопротивления, вычисляемого по формуле Пуазейля:

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} = \frac{64}{1,28 \cdot 10^3} = 0,05$$

$$h = \frac{4,16 \cdot 0,05}{0,0198} = 10,5 \text{ м нефт.ст.}$$

### **Задачи для самостоятельного решения**

#### **Задача №18**

Определить режим движения жидкости в трубопроводе диаметром  $d=120$  мм, если расход воды  $Q=85$  л/с. Коэффициент кинематической вязкости  $\nu = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$ .

#### **Задача №19**

Определить режим движения при транспортировке нефти по трубопроводу со скоростью  $\omega = 0,4 \text{ м/с}$  если расход нефти  $Q = 710 \text{ м}^3 / \text{ч}$ . Коэффициент кинематической вязкости нефти  $\nu = 10^{-4} \text{ м}^2 / \text{с}$ .

#### **Задача №20**

Определить потерю напора при прохождении жидкости в трубопроводе через диффузор с углом расширения  $\alpha = 15^\circ$ , если  $d_1 = 100$  мм,  $d_2 = 150$  мм, скорость в широком сечении  $\omega_2 = 1$  м/с.

### **Вопросы для самоконтроля знаний**

1. Охарактеризовать режимы движения жидкости.
2. Какое число Рейнольдса называется критическим.
3. Какая скорость называется критической.
4. С какой целью определяется число Рейнольдса.
- 5 Охарактеризовать распределение скорости по сечению трубопровода при различных режимах.
6. Чем обусловлены линейные потери напора.
7. Дать определение коэффициента местного сопротивления. Каким образом он определяется.
8. Дать определение коэффициента гидравлического трения. Каким образом он определяется.
9. С какой целью используется номограмма Мурина.
10. Дать классификацию гидравлических сопротивлений.

### **Рекомендуемая литература:**

[ 1, с.50. ]

## **Тема 1.5 Истечение жидкости через отверстия и насадки**

### **Вид самостоятельной работы по теме:**

- 1 Выполнение конспекта;
- 2 Решение задач.

### **Самостоятельная работа 6**

Выполнение конспекта на тему: «Истечение жидкости через отверстия и насадки».

**Цель:** развитие умения самостоятельно работать с книгой, и другими источниками находить нужную информацию, выделять главное.

### **Темы для выполнения конспекта:**

Истечение жидкости через отверстия в тонкой стенке при постоянном и переменном напорах.

Практическое применение истечения через отверстия и насадки.

Применение истечения в водоструйных насосах.

### **Вопросы для самоконтроля знаний**

1. Как можно избежать образования при входе в конический насадок внутреннего сжатия струи.
2. Поясните преимущество коноидального насадка.
3. Как влияет уменьшение напора при истечении жидкости на расход и скорость истечения.
4. Как будет влиять уменьшение диаметра отверстия при истечении жидкости при постоянном напоре на величину расхода.
5. Как изменится расход жидкости при истечении через отверстие при увеличении напора.
6. С какой целью применяют насадки.
7. На чем основан принцип работы водоструйного насоса. Зарисовать схему.
8. Чем отличается истечение жидкости из отверстия при постоянном напоре от истечения при полном опорожнении сосуда.
9. Как влияет уменьшение напора при опорожнении сосуда на время опорожнения сосуда.

Рекомендуемая литература:

[1 с.84], [3 с.62]

### **Самостоятельная работа 7**

Решение задач по теме «Истечение жидкости через отверстия и насадки»

**Цель:** развить и закрепить навыки решения задач.

### **Задачи для самостоятельного решения**

#### **Задача №21**

Определить какой напор необходимо создать в открытом резервуаре диаметром  $d = 5\text{ м}$ , чтобы из отверстия диаметром  $d_0 = 0,05\text{ м}$ , расположенного в центре дна резервуара, вытекала струя расходом  $Q = 0,003\text{ м}^3/\text{с}$ , коэффициент расхода  $\mu = 0,62$ .

#### **Задача 22**

Определить объёмный расход  $Q(\text{м}^3/\text{с})$ , и скорость истечения воды  $\omega(\text{м}/\text{с})$ , из отверстия диаметром  $d_0 = 0,2\text{ м}$  в боковой стенке резервуара больших размеров. К отверстию присоединена короткая трубка одинакового с отверстием диаметра. Напор над центром отверстия  $H = 2\text{ м}$ . Коэффициенты расхода и скорости равны  $\mu = \varphi = 0,8$ .

## Тема 1.6 Движение жидкости по трубопроводам и каналам

### Вид самостоятельной работы:

1 Решение задач

### Самостоятельная работа 8

Решение задач по теме «Движение жидкости по трубопроводам и каналам»

**Цель:** развить и закрепить навыки решения задач.

### Типовые задачи с решениями

#### Пример 6

Схема к гидравлическому расчету сифона приводится на рисунке 1

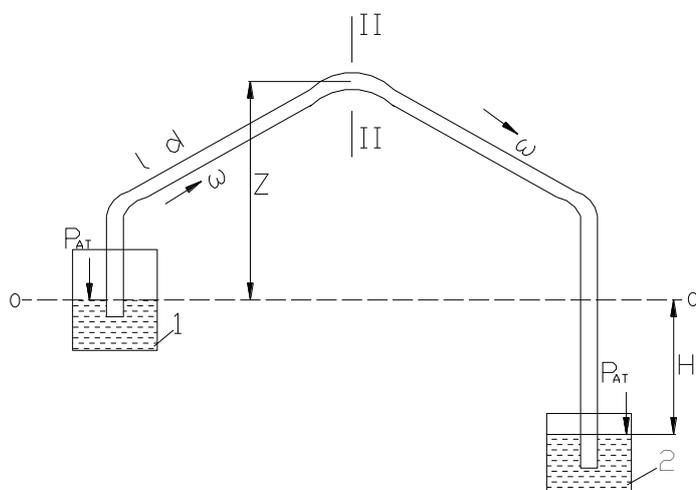


Рисунок 1- Схема к гидравлическому расчету сифона

Для сифона, соединяющего резервуары 1 и 2 с разностью уровней воды в них  $H$  м, длиной  $l$  м, и диаметром  $d$  м, определить скорость движения воды  $\omega$ , расход  $Q$ , а также величину вакуума, если известна высота сифона  $Z$  м.

*Дано:*

$$d = 150 \text{ (мм)} = 0,15 \text{ (м)};$$

$$\lambda = 0,0263;$$

$$\zeta_{ВХ} = 5,2;$$

$$\zeta_{ВЫХ} = 1;$$

$$H = 4 \text{ (м)};$$

$$l = 500 \text{ (м)};$$

$$Z = 2,3 \text{ (м)}.$$

*Определить:*

$$\omega - ?$$

$$Q - ?$$

$$h_{ВАК} - ?$$

### Решение:

1 Определим сумму местных сопротивлений состоящих из входа в трубу через приемный клапан  $\zeta_{ВХ}=5,2$ ; похода через три закругления (колена)  $\zeta_{ЗАКР}=0,37$ ; и выхода из трубы в резервуар  $\zeta_{ВЫХ}=1$ :

$$\sum \zeta_{СИФ} = \zeta_{ВХ} + 3 \cdot \zeta_{ЗАКР} + \zeta_{ВЫХ} = 5,2 + 3 \cdot 0,37 + 1 = 7,31$$

2 Выразим суммарные потери в сифоне:

$$\sum h_{1-2} = h_{Л} + h_{М} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2g} + \sum \zeta_{СИФ} \cdot \frac{\omega^2}{2g} = \frac{\omega^2}{2g} \cdot \left( \lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \zeta_{СИФ} \right)$$

т.к. напор Н равен сумме потерь на сопротивления, то получаем следующие равенство:

$$H = \sum h_{1-2} = \frac{\omega^2}{2g} \cdot \left( \lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \zeta_{СИФ} \right)$$

3 Из полученного выше уравнения выражаем скорость жидкости м/с и определяем ее подставив данные:

$$\omega = \sqrt{\frac{H \cdot 2g}{\lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \zeta_{СИФ}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2 \cdot 9,8}{0,0263 \cdot \frac{500}{0,15} + 7,31}} = \sqrt{\frac{78,4}{94,977}} = \sqrt{0,82546} \approx 0,909$$

4 Определяем пропускную способность трубопровода, изначально определив площадь живого сечения:

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,15^2}{4} \approx 0,0177 \quad (\text{М}^2);$$

$$Q = \omega \cdot S = 0,909 \cdot 0,0177 \approx 0,0161 \quad (\text{М}^3/\text{с})$$

5 Определим величину вакуума:

$$h_{ВАК} = Z + \frac{\omega^2}{2g} \cdot \left( 1 + \sum \zeta_{СИФ} + \lambda \cdot \frac{l}{d} \right) = 2,3 + \frac{0,909^2}{2 \cdot 9,8} \cdot \left( 1 + 7,31 + 0,0263 \cdot \frac{500}{0,15} \right) = 2,3 + 0,0421572 \cdot 95,977 \approx 6,346 \quad (\text{М})$$

Ответ: Расход  $Q = 0,0161$  (м<sup>3</sup>/с); скорость  $\omega = 0,909$  (м/с); величина вакуума  $h_{вак} = 6,346$  (м).

### Задачи для самостоятельного решения

#### Задача №23

Расход в начале трубопровода  $Q=3800$ , м<sup>3</sup>/ч. Определить расход жидкости в конце тупикового трубопровода, если к потребителям уходит:  $Q_1=500$ ;  $Q_2=1200$ ;  $Q_3=800$ , м<sup>3</sup>/ч.

#### Задача №24

Определить расход жидкости и суммарные потери напора в случае параллельного соединения трех трубопроводов в одну напорную магистраль при расходе в первой магистрали  $Q_1=1200$  м<sup>3</sup>/ч, во второй-  $Q_2=1400$  м<sup>3</sup>/ч, в третьей-  $Q_3=1800$ , м<sup>3</sup>/ч., если полный напор в точке разветвления  $H_1=60$  м а в точке соединения их обратно  $H_2=45$  м.

### Задача №25

Для сифона, соединяющего резервуары 1 и 2 с разностью уровней воды в них  $H_m$ , общей длиной трубопровода  $l=200$ м, длиной трубопровода до наивысшей точки сифона (до сечения II–II)  $l_1=120$ м и диаметром  $d=200$ мм, определить скорость движения воды  $\omega$  м\с, расход  $Q$  м<sup>3</sup>/с, величину вакуума  $h_{\text{вак.м}}$ , если известна высота сифона  $Z=1,5$  м, коэффициенты местных сопротивлений  $\zeta_{\text{вх.}} = 1; u\zeta_{\text{вх.}} = 5,2$  и гидравлический коэффициент трения  $\lambda=0,0163$ .

### Вопросы для самоконтроля знаний

- 1 Какой трубопровод называется простым.
- 2 Какой трубопровод называется сложным.
- 3 На какие виды делятся сложные трубопроводы
- 4 Какой трубопровод называется самотечным.
- 5 Поясните явление кавитации.
- 6 Что собой представляет гидравлический удар.
- 7 Причины возникновения гидравлического удара и его величина.
- 8 Каким образом можно уменьшить силу гидравлического удара?
- 9 Пояснить сущность процессов, происходящих при гидравлическом ударе.
- 10 Последствия гидравлического удара.
- 11 Как изменяется сопротивление трубопровода при кавитации?
- 12 Какие физические явления приводят к разрушению металлических стенок при кавитации?

Рекомендуемая литература:

[ 1, с.91 ], [ 4, с.44 ]

## Раздел 2 Гидравлические машины

### Тема 2.1 Общие сведения о гидравлических машинах

#### Вид самостоятельной работы:

- 2 Выполнение рефератов, оформление компьютерных презентаций.

#### Самостоятельная работа 9

Подготовка рефератов по теме «Общие сведения о гидравлических машинах»

**Цель:** развитие умения самостоятельно работать с книгой, и другими источниками находить нужную информацию, выделять главное.

#### Темы рефератов, презентаций:

Область применения, конструкции и принципы действия гидравлических машин. Технические и рабочие характеристики.

### **Вопросы для самоконтроля знаний**

1. На чем основан принцип работы динамических насосов
2. На чем основан принцип работы гидродвигателей.
3. На чем основан принцип работы объемных насосов и гидродвигателей
4. Назначение и область применения насосов.
5. Назначение и область применения гидродвигателей.
6. Конструктивные особенности насосов и гидродвигателей.
7. Типы насосов и их технические и рабочие характеристики

### **Рекомендуемая литература:**

[ 2, с.63], [ 5, с.125, 230]

## **Тема 2.2 Центробежные гидравлические насосы**

### **Вид самостоятельной работы по теме:**

- 1 Выполнение конспекта.

### **Самостоятельная работа 10**

Выполнение конспекта на тему: «Центробежные гидравлические насосы».

**Цель:** развитие умения самостоятельно работать с книгой, и другими источниками находить нужную информацию, выделять главное.

### **Темы для выполнения конспекта:**

Осевое давление в центробежных насосах и способы его уменьшения.  
Работа с каталогами гидравлических машин. Построение рабочих и универсальных характеристик для различных насосов.

### **Вопросы для самоконтроля знаний**

- 1 Какие потери учитывает КПД насоса.
- 2 Какие бывают способы регулирования работы центробежного насоса.
- 3 Как определяется рабочая точка насоса.
- 4 Что определяется по уравнению Эйлера.
- 5 Охарактеризовать явление кавитации, и каковы ее последствия в насосах.
- 6 Перечислить способы уменьшения осевого давления.
- 7 Что называется рабочей характеристикой насоса.
- 8 Что называется универсальной характеристикой насоса. На основании чего она строится.
- 9 Что называется технической характеристикой насоса?

### **Рекомендуемая литература:**

[1, с.84, 161, 190], [ 3, с.62], [ 4, с.78] , [ 5, с.153 ].

## Тема 2.3 Поршневые насосы

### Вид самостоятельной работы по теме:

- 1 Выполнение конспекта;
- 2 Решение задач.

### Самостоятельная работа 11

Выполнение конспекта на тему: «Поршневые насосы».

**Цель:** развитие умения самостоятельно работать с книгой, и другими источниками находить нужную информацию, выделять главное.

### Темы для выполнения конспекта:

Особенности эксплуатации поршневых насосов.

### Вопросы для самоконтроля знаний

- 1 На чем основан принцип работы поршневого насоса?
- 2 Перечислить достоинства поршневого насоса
- 3 Перечислить недостатки поршневого насоса.
- 4 Объяснить назначение и принцип действия воздушных колпаков поршневых насосов.
- 5 Пояснить устройство и принцип работы поршневого насоса одностороннего действия.
- 6 Пояснить устройство и принцип работы поршневого насоса двойного действия.
- 7 Перечислить параметры, характеризующие работу поршневого насоса.

### Рекомендуемая литература:

[ 2, с.66 ], [ 4, с.53 ].

### Самостоятельная работа 12

Решение задач по теме «Поршневые насосы»

**Цель:** развить и закрепить навыки решения задач.

### Типовые задачи с решениями

#### Пример 6

Определить подачу и потребляемую мощность поршневого одноцилиндрового насоса двойного действия, если известно, что диаметр цилиндра  $D=0,04\text{м}$ , ход поршня  $l=0,25\text{м}$ , частота вращения вала кривошипа  $n=90\text{об/мин}$ , объемный к.п.д. насоса  $\eta_0 = 0,92$ . Насос обеспечивает напор  $H=70\text{м}$ .

Решение

- 1) Определяем подачу насоса:

$$Q = \eta_0 \frac{(2F - f) \ln i}{60} = 0,92 \frac{\left( 2 \frac{3,14 \cdot 0,2^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 0,04^2}{4} \right) 0,25 \cdot 90 \cdot 1}{60} = 0,021 \text{ м}^3 / \text{с} \text{ или } 75,6 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

2) Определяем мощность, потребляемую насосом:

$$N = \frac{\rho Q H}{102 \eta_n} = \frac{1000 \cdot 0,021 \cdot 70}{102 \cdot 0,8} = 18 \text{ кВт}.$$

## **Задачи для самостоятельного решения**

### **Задача №23**

Определить подачу и потребляемую мощность поршневого одноцилиндрового насоса одностороннего действия, если известно, что диаметр цилиндра  $D=0,4\text{ м}$ , ход поршня  $l=0,5\text{ м}$ , частота вращения вала кривошипа  $n=1900\text{ об/мин}$ , объемный к.п.д. насоса  $\eta_0 = 0,92$ . Насос обеспечивает напор  $H=70\text{ м}$ .

### **Задача №24**

Определить подачу и потребляемую мощность трехпоршневого насоса двустороннего действия. Если диаметр цилиндра  $D=0,05\text{ м}$ ; диаметр штока  $d=0,01\text{ м}$ ; ход поршня  $L=0,5\text{ м}$ , частота вращения кривошипа  $n=90\text{ об/мин}$ ; объемный КПД-  $\eta_0 = 0,68$ . Насос обеспечивает напор  $H=60\text{ м}$ . Полный КПД насоса  $\eta_0 = 0,8$ .

### **Задача №25**

Определить КПД насоса, подающего воду из скважины глубиной  $H=1500\text{ м}$  в количестве  $Q = 0,02\text{ м}^3/\text{с}$ , если мощность электродвигателя  $N = 600\text{ кВт}$ . Плотность воды  $\rho = 980\text{ кг/м}^3$ .

### **Рекомендуемая литература:**

[ 2, с.66 ], [ 4, с.53 ].

## **Тема 2.4. Насосы и вентиляторы энергетических предприятий**

### **Вид самостоятельной работы:**

1 Выполнение рефератов, оформление компьютерных презентаций.

### **Самостоятельная работа 13**

Подготовка рефератов по теме «Насосы и вентиляторы энергетических предприятий»

**Цель:** развитие умения самостоятельно работать с книгой, и другими источниками находить нужную информацию, выделять главное.

### **Темы рефератов, презентаций:**

Основные типы вентиляторов, применяемых в системах теплоснабжения энергетических предприятий.

Особенности эксплуатации вентиляционного оборудования.

Назначение, конструкция и принцип действия бустерных, конденсатных, дренажных, циркуляционных, масляных насосов и насосов химводоочистки.

### **Вопросы для самоконтроля знаний**

1. Назначение и область применения вентиляторов.
2. Название и расшифровка марки вентилятора.
3. Технические характеристики вентилятора.
4. Основные типы, конструкции и параметры вентиляторов.
5. Особенности эксплуатации вентиляционного оборудования.
6. Достоинства и недостатки работы вентиляторов.
7. Обслуживание и эксплуатация вентиляторов.
8. Особенности работы вентиляторов.
9. Назначение, конструкции и принципы действия питательных насосов. Технические характеристики питательных насосов.
10. Назначение, конструкции и принципы действия сетевых насосов.
11. Технические характеристики сетевых насосов.

### **Тема 2.5. Гидравлические насосы специального назначения**

#### **Вид самостоятельной работы:**

- 1 Написание рефератов

#### **Самостоятельная работа 14**

Подготовка рефератов по теме: «Обеспечение безопасности работы на ТЭС»

**Цель:** развитие умения самостоятельно работать с книгой, и другими источниками находить нужную информацию, выделять главное.

#### **Темы рефератов:**

Обеспечение безопасности работы на ТЭС.

Требования безопасности работы и эксплуатации насосных установок.

### **Вопросы для самоконтроля знаний**

- 1 Конструкция, основные характеристики и принцип действия струйных насосов.
- 2 Конструкция, основные характеристики и принцип действия вихревых насосов.
- 3 Конструкция, основные характеристики и принцип действия водокольцевых вакуумных насосов.
- 4 Назначение и область применения насоса насосов специального назначения.
- 5 Название и расшифровка марки насоса насосов специального назначения.

6 Технические характеристики насоса насосов специального назначения.

7 Достоинства и недостатки насоса насосов специального назначения.

**Рекомендуемая литература:**

[ 6, с.391]

**Тема: Истечение жидкости через отверстия и насадки (2ч.)**

Студент должен

*знать:*

-виды насадков; коэффициенты сжатия, скорости и расхода;

*уметь:*

-определять величину расхода и напора при истечении через отверстия;

-определять коэффициенты сжатия, скорости и расхода.

*Вопросы темы:*

Практическое применение истечения через отверстия и насадки. Истечение жидкости через отверстия в тонкой стенке при постоянном и переменном напорах. Применение истечения в водоструйных насосах. Истечение жидкости при аварийных разрывах трубопровода

**Основные теоретические положения**

На практике часто используется истечение через отверстия и насадки. Характер истечения зависит от условий истечения.

При вытекании жидкости через отверстие в дне резервуара или отверстие в вертикальной стенке наблюдается сжатие струи. Решение задачи при истечении сводится к определению расхода и скорости.

Скорость при истечении определяется по формуле:

$$\omega = \varphi \sqrt{2gH_0} \quad (2.1)$$

где  $\varphi$  – коэффициент скорости;

$H_0$  – полный активный напор;

$$H_0 = H + \frac{P_0 - P_1}{\rho g} \quad (2.2)$$

где  $H$  – давление столба жидкости (уровень жидкости в резервуаре);

$P_0$  – давление на свободной поверхности жидкости;

$P_1$  – давление в цилиндрической части струи на некотором расстоянии от нагруженной кромки отверстия.

Расход жидкости вытекающей из резервуара:

$$Q = \omega_1 S_1 = \varepsilon S_0 \varphi \sqrt{gH_0} \quad (2.3)$$

где произведение  $\varepsilon\varphi = \mu$  - называется коэффициентом расхода;

$\varepsilon = \frac{S_1}{S_0}$  - называется коэффициентом сжатия струи;

$S_1$  – площадь струи в цилиндрической части;

$S_0$  – площадь отверстия в дне резервуара.

При истечении жидкости через малое отверстие кругло сечения в тонкой стенке при постоянном напоре принимают коэффициенты равными:  $\mu = 0,62$ ,  $\varphi = 0,97$ ,  $\varepsilon = 0,64$ .

### *Истечение жидкости через насадки*

Насадки применяют для увеличения пропускной способности отверстия или изменения (увеличения или уменьшения) кинетической энергии струи.

Насадки называют короткую трубу длиной, равной 2-6 диаметрам присоединенную к отверстию в тонкой стенке.

Внешние цилиндрические насадки могут быть различных форм: коническими сходящимися (конфузор); коническими расходящимися (диффузор); цилиндрическими, коноидальными.

Цилиндрический внутренний короткий насадок, называемый насадком Борда может быть с тонкими или толстыми стенками.

Конически сходящиеся и конусоидальные насадки (конфузоры) – применяют с целью увеличения скорости истечения, дальности полета струи и силы ее удара, например, в струйных аппаратах, входных элементах насосов и вентиляторов, пожарных брандспойтах соплах турбин и др. Коэффициенты принимают равными:  $\mu = 0,94 \div 0,98$ ,  $\varphi = 0,96 \div 0,98$ ,  $\varepsilon = 0,98 \div 1$ .

Конически расходящиеся насадки (диффузоры) – используют, когда необходимо уменьшить скорость выхода жидкости или увеличить давление на выходе, например, в выходных элементах насосов и вентиляторов, струйных аппаратах. Коэффициенты принимают равными:  $\mu = 0,45 \div 0,5$ ,  $\varphi = 0,45 \div 0,5$ ,  $\varepsilon = 1,0$ .

Для внешнего цилиндрического насадка принимают:

$$\mu = 0,82, \varphi = 0,82, \varepsilon = 1.$$

Для внутреннего цилиндрического насадка принимают:

$$\mu = 0,707, \varphi = 0,707, \varepsilon = 1,0.$$

Расход жидкости через насадки определяют по формуле, в которую подставляют значения коэффициентов, принимаемые по таблице в зависимости от формы насадка.

### **Задание**

1) Сделать краткий конспект темы: «Практическое применение истечения через отверстия и насадки. Применение истечения в водоструйных насосах».

2) Ответить письменно на вопросы для самоконтроля знаний..

### **Вопросы для самоконтроля знаний**

1. Дайте определение коэффициента сжатия струи.
2. Записать формулу определения коэффициента расхода.
3. Дайте определение внешнего цилиндрического насадка.

4. Как можно избежать образования при входе в конический насадок внутреннего сжатия струи.
5. Поясните преимущество коноидального насадка.
6. Как влияет уменьшение напора при истечении жидкости на расход и скорость истечения.
7. Как будет влиять уменьшение диаметра отверстия при истечении жидкости при постоянном напоре на величину расхода.
8. Как изменится расход жидкости при истечении через отверстие при увеличении напора.
9. С какой целью применяют насадки.
10. На чем основан принцип работы водоструйного насоса. Зарисовать схему.
11. Чем отличается истечение жидкости из отверстия при постоянном напоре от истечения при полном опорожнении сосуда.
12. Как влияет уменьшение напора при опорожнении сосуда на время опорожнения сосуда.

Рекомендуемая литература:  
Л[1] с.84. Л[3] с.62

**Тема: Центробежные гидравлические насосы (4ч.)**

Студент должен

*знать:*

- устройство и принцип действия центробежных насосов;
- характеристики центробежных насосов;

*уметь:*

- определять основные параметры, характеризующие работу насоса;
- выбирать марку насоса по каталогу

*Вопросы темы:*

Классификация, принцип действия центробежного насоса. Треугольники скоростей. Основное уравнение центробежного насоса (уравнение Эйлера). Всасывающая способность центробежного насоса. Кавитация в насосах, ее последствия и меры по устранению. Регулирование работы насоса. Рабочие и универсальные характеристики насосов, их построение. Выбор оптимального режима работы насоса.

Параллельная и последовательная работа насосов. Законы пропорциональности. Теория подобия. Рабочая точка насоса.

**Основные теоретические положения**

Регулирование работы насосов заключается в изменении его напора и подачи.

Наиболее широко применяются два вида регулирования: при помощи регулирующей задвижки (при этом меняется характеристика трубопровода при постоянной частоте вращения) и путем изменения частоты вращения.

Характеристику трубопровода называют также характеристикой сети, включающей зависимость гидравлического сопротивления нагнетательных трубопроводов от объемной подачи протекающей по ним жидкости.

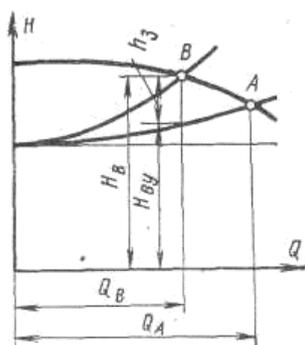


Рисунок 2.1 - Регулирование насоса дросселированием

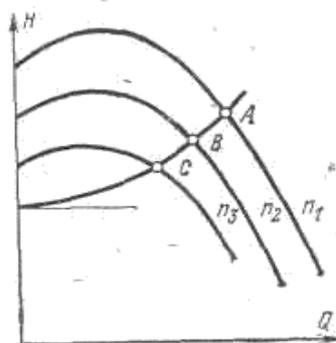


Рисунок 2.2- Регулирование насоса изменением частоты вращения

Иногда малые осевые насосы регулируют частотой вращения насоса дросселированием из нагнетательного трубопровода во всасывающий.

#### *Регулирование задвижкой (дросселированием).*

Предположим, что насос должен иметь подачу не  $Q_A$ , соответствующую точке  $A$  пересечения характеристики насоса с характеристикой насосной установки, а  $Q_B$  (рис. 2.1). Пусть  $Q_B < Q_A$ . ЭТОЙ подаче соответствует рабочая точка  $B$  характеристики насоса. Для того чтобы характеристика насосной установки пересекалась с кривой напоров  $H=f(Q)$  в точке  $B$ , необходимо увеличить потери напора в установке. Это осуществляется прикрытием регулирующей задвижки, установленной на нагнетательном трубопроводе. В результате увеличения потерь напора в установке характеристика насосной установки пойдет круче и пересечет кривую напоров в точке  $B$ . При этом режиме напор насоса, складывается из напора  $H_{ну}$ , расходуемого в установке при эксплуатации с полностью открытой задвижкой, и потери напора в задвижке  $h_з$ :

$$H_B = H_{ну} - h_з.$$

Таким образом, регулирование работы насоса дросселированием вызывает дополнительные потери энергии, снижающие КПД установки. Поэтому этот способ регулирования неэкономичен. Однако благодаря исключительной простоте регулирования дросселированием получило наибольшее распространение.

#### *Регулирование изменением частоты вращения*

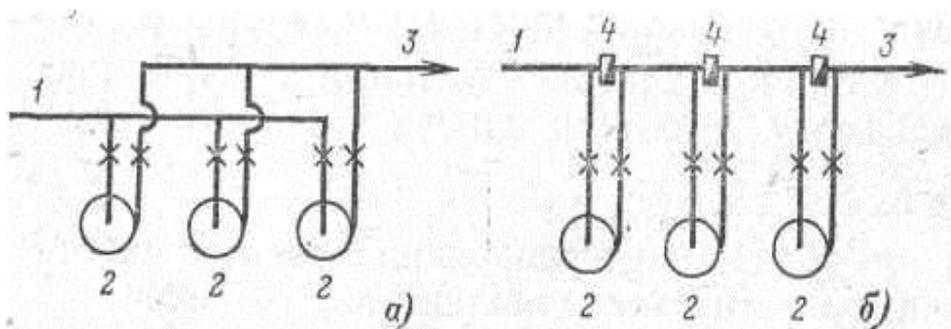
Регулирование изменением частоты вращения насоса вызывает изменение его характеристики, и, следовательно, изменение рабочего режима (рис. 2.2). Для осуществления регулирования изменением частоты вращения необходимы двигатели с переменным числом оборотов. Таковыми двигателями являются двигатели внутреннего сгорания, паровые и газовые турбины и электродвигатели постоянного тока. Наиболее распространенные в технике электродвигатели с короткозамкнутым ротором практически не допускают изменения частоты вращения.

Регулирование работы насоса изменением частоты вращения более экономично, чем регулирование дросселированием. Даже применение гидромурфты и сопротивления в цепи ротора асинхронного двигателя, связанные с дополнительными потерями мощности, экономичнее, чем регулирование дросселированием.

### *Параллельная и последовательная работа насосов. Построение суммарной характеристики*

На тепловых электростанциях часто имеет место совместная работа двух или нескольких насосов на одну общую сеть, при этом насосы могут включаться как параллельно, так и последовательно.

Два или несколько насосов включают на тепловых станциях параллельно в тех случаях, когда один насос не обеспечивает необходимой подачи. Для увеличения напора насосы включают последовательно. На рисунке 2.3 представлены схемы соединения насосов (один из насосов изображенных на схемах, является запасным)

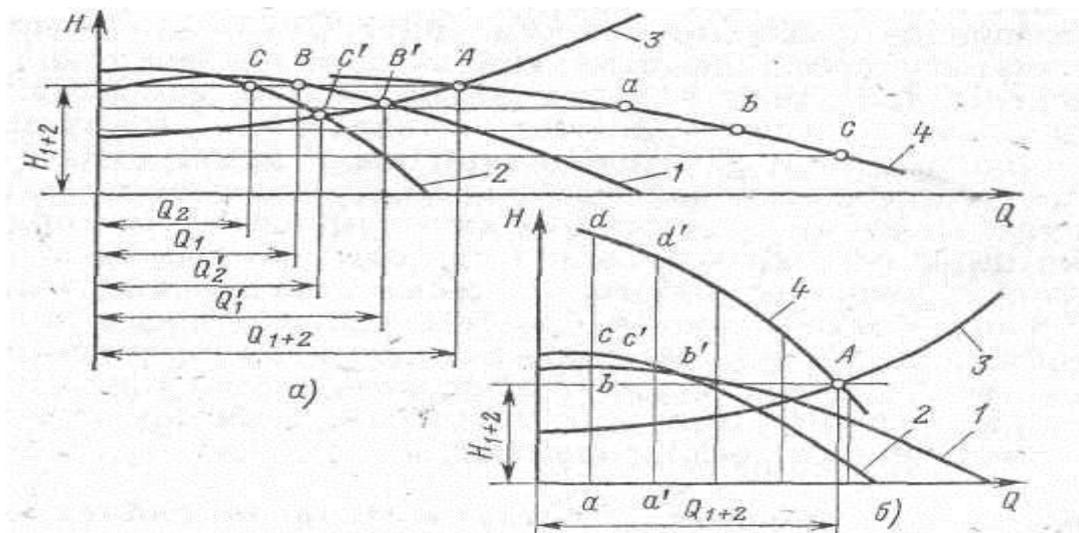


1-всасывающий трубопровод; 2 -насосы; 3 - напорный трубопровод;  
4 – обратный клапан

Рисунок 2.3 - Параллельное (а) и последовательное (б) включение насосов

Для анализа совместной работы насосов строят их суммарную характеристику. Построение суммарной характеристики параллельно работающих насосов производится следующим образом. Проводятся прямые, параллельные оси расходов  $Q$  (рис. 2.3,а).

Отрезки прямых, образованные пересечением с характеристиками насоса 1 и 2, складываются. Получаются точки а, б, с и т. д. Через три точки проводится линия 4, которая является суммарной характеристикой двух насосов.



1 — характеристика первого насоса; 2 -характеристика второго насоса; 3 - характеристика трубопровода; 4- суммарная характеристика двух насосов

Рисунок 2.4 - Работа центробежных насосов при параллельном (а) и последовательно (б) соединении

Пересечение характеристики трубопровода 3 с характеристикой насоса 4 дает рабочую точку А двух параллельно работающих насосов. Подача первого насоса  $Q_1$ , определяется точкой В, второго  $Q_2$  —точкой С. Точки В' и С определяют подачу  $Q'$ , или  $Q'_2$  при работе только одного из насосов (1-го или 2-го).

При последовательном соединении насосов проводятся прямые, параллельные оси напоров (рис. 2.3,6). Напор первого насоса  $ab$  складывается с напором второго насоса  $ac$ . Получается первая точка  $d$  суммарной характеристики двух последовательно работающих насосов. Таким же образом получают другие точки суммарной характеристики 4. Пересечение характеристики насоса 3 и линии 4 дает рабочую точку А насоса с напором  $H_{1+2}$  и подачей  $Q$ .

Таким образом, при параллельном включении насосов складываются подачи при равных напорах, при последовательном включении складываются напоры при равных подачах.

### Задание

1)Изучить по учебнику темы:

Построение рабочих и универсальных характеристик насосов. Совместная работа насоса и сети. Построение суммарных характеристик. Способы регулирования работы центробежных насосов.

Осевое давление в центробежных насосах и способы его уменьшения.

2) Ответить письменно на вопросы для самоконтроля знаний..

### **Вопросы для самоконтроля знаний**

1. Что называется рабочей характеристикой насоса?
2. Что называется универсальной характеристикой насоса? На основании чего она строится?
3. Какие бывают способы регулирования работы центробежного насоса?
4. Как определяется рабочая точка насоса?
5. Что определяется по уравнению Эйлера?
6. Какие потери учитывает КПД насоса?
7. Охарактеризовать явление кавитации, и каковы ее последствия в насосах.
8. Изобразить схематически рабочее колесо насоса и пояснить причины возникновения осевого давления.
9. Перечислить способы уменьшения осевого давления.
10. Что называется технической характеристикой насоса?

Рекомендуемая литература:

Л[ 1 ] с.84;161; 190; Л[ 3 ] с.62; Л[ 4 ] с.78; Л[ 5 ] с.153.

### **Тема: Насосы и вентиляторы энергетических предприятий ( 1ч.)**

Студент должен

*знать:*

- условные графические обозначения теплоэнергетического оборудования тепловых и атомных электростанций, насосных станций.

*уметь:*

-читать принципиальные и технологические схемы различного назначения.

*Вопросы темы:*

Принципиальные технологические схемы ТЭС и АЭС. Схемы насосных станций различного назначения (2ч.)

### **Задание**

1) Изучить по учебнику тему: «Насосное оборудование тепловых и атомных электростанций». Перечертить принципиальные технологические схемы ТЭС и АЭС в тетрадь. Описать принцип работы схемы и дать краткую характеристику оборудованию.

Рекомендуемая литература:

Л[ 1 ] с.217;289.

## 2.2 Методические указания к выполнению самостоятельного решения задач

Номер варианта задачи соответствует порядковому номеру студента в журнале. Вычисления выполняются с точностью до 2 значащих цифр, после запятой. Использовать размерность системы СИ. Размерность физических величин в окончательных результатах указывать обязательно.

При оформлении решении задач необходимо полностью записать условие задачи, затем выписать отдельно (можно в табличной форме) исходные данные с указанием единиц измерения. Перед каждым математическим действием необходимо пояснить, какая величина определяется по указанной формуле. Формула сначала записывается в буквенном выражении, затем в нее подставляются численные значения и только потом пишется ответ с указанием единиц измерения. В конце задачи отдельно пишется ответ или при необходимости вывод.

### **Тема: Физические свойства жидкостей (1ч.)**

Студент должен

*знать:*

- назначение рабочих жидкостей;
- понятие реальной и идеальной жидкости;
- основные физические свойства жидкостей;
- понятие вязкости жидкости;

*уметь:*

- определять вязкость жидкости;
- переводить единицы вязкости;
- определять плотность, удельный объема;
- определять высоту капиллярного подъема

### **Задание**

- 1) Решить задачи на определение значений физических свойств жидкостей с помощью расчетных формул и таблиц справочников
- 2) Ответить письменно на вопросы для самоконтроля знаний..

### **Задача №1**

Определить удельный объем и удельный вес жидкости, если известны ее плотность  $\rho = 910 \text{ кг/м}^3$ , ускорение свободного падения  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

### **Задача №2**

Определить коэффициент динамической вязкости жидкости с условной вязкостью  $5^0 \text{ ВУ}$ . Плотность жидкости принять равной  $830 \text{ кг/м}^3$ .

### **Задача №3 (вариант 1-10)**

Глицерин в капиллярной трубке поднимается на высоту 30 мм. На какую высоту поднимется касторовое масло в капиллярной трубке, диаметр которой вдвое больше. Плотность глицерина принять равной  $1250 \text{ кг/м}^3$ , касторового масла  $970 \text{ кг/м}^3$ . Коэффициент поверхностного натяжения глицерина принять равным  $0,065 \text{ Н/м}$ , касторового масла  $0,035 \text{ Н/м}$ .

#### Задача №4 (вариант 11-21)

Этиловый спирт в капиллярной трубке поднимается на высоту  $h_1=20 \text{ мм}$ . На какую высоту поднимается нефть в капиллярной трубке, диаметр которой в 3 раза больше.

$$\delta_1 \text{ (спирт)} = 0,0225 \text{ н/м}; \quad \rho_1 \text{ (спирт)} = 790 \text{ кг/м}^3$$

$$\delta_2 \text{ (вода)} = 0,025 \text{ н/м}; \quad \rho_2 \text{ (нефть)} = 850 \text{ кг/м}^3$$

#### Задача №5 (вариант 22-32)

Этиловый спирт в капиллярной трубке поднимается на высоту  $h_1=20 \text{ мм}$ .

На какую высоту поднимается на высоту  $h_1=20 \text{ мм}$ . На какую высоту поднимается вода в капиллярной трубке, диаметр которой в 2 раза меньше.

$$\delta_1 \text{ (спирт)} = 0.0225 \text{ н/м}; \quad \rho_1 \text{ (спирт)} = 790 \text{ кг/м}^3$$

$$\delta_2 \text{ (вода)} = 0.073 \text{ н/м}; \quad \rho_2 \text{ (вода)} = 998,2 \text{ кг/м}^3$$

#### Задача №6

Определить количество израсходованного мазута из вертикального цилиндрического бака диаметром  $D=1,5 \text{ м}$ , если за некоторое время уровень понизился на  $\Delta h=0,3 \text{ м}$ . Плотность мазута равна  $\rho = 990 \text{ кг/м}^3$

#### Пример

Определить удельный объем и удельный вес нефтепродукта, если его плотность  $\rho = 910 \text{ кг/м}^3$  и ускорение свободного падения  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

#### Решение

1) Определяем удельный объем:

$$\nu = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{910} = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{кг}$$

2) Определяем удельный вес:

$$\gamma = \frac{G}{V}$$

В этой формуле выразим вес  $G$  через массу по закону Ньютона и удельный объем через массу и плотность, т.е.

$$G = mg \text{ и } V = m / \rho$$

Подставим значение веса и объема в исходную формулу, получим:

$$\gamma = \rho g$$

$$\text{Тогда } \gamma = 910 \cdot 9,81 = 8,93 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^3$$

### Вопросы для самоконтроля знаний

1. Чем отличается сжимаемость жидкости от газов?
2. В каких единицах измеряют динамическую вязкость жидкости?
3. В каких единицах измеряют кинематическую вязкость жидкости?
4. Как изменяется вязкость капельных жидкостей при изменении их температуры?
5. Как изменятся вязкость газов при изменении их температуры?
6. Какими приборами измеряется вязкость капельных жидкостей?
7. Каким прибором измеряется вязкость жидкости?
8. Как изменяется коэффициент поверхностного натяжения жидкости с увеличением температуры?
9. При большем или меньшем диаметре трубки более ярко проявляется действие сил поверхностного натяжения в жидкости? Каким образом?
10. Как изменяется плотность жидкости при увеличении температуры?

Рекомендуемая литература:

Л[ 1 ] с.9; Л[2 ] с.13.

#### Тема: *Гидродинамика (2ч.)*

Студент должен

*знать:*

-задачи гидродинамики; уравнение неразрывности потока; уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости; примеры применения уравнения Бернулли в технике; виды потерь энергии;

*уметь:*

-определять расход, среднюю скорость; скорость потока и расход жидкости с помощью трубки Пито и трубки Вентури; производить построение пьезометрических и напорных линий.

#### Задание

1) Решение задач на определение расхода, средней скорости, напора и энергии необходимой для перекачки жидкости, гидравлического радиуса.

2) Ответить письменно на вопросы для самоконтроля знаний..

#### Задача №1

Определить гидравлический радиус трубы с внутренним диаметром равным  $d=0,412$  м, работающей: а) полным сечением; б) заполненной на половину сечения.

#### Задача №2

Определить высоту, на которую поднимется струя воды, вытекающая из трубопровода вертикально вверх. Скорость воды на выходе из трубопровода 15 м/с. Коэффициент  $\alpha = 1$ .

### Задача №3

Определить расход жидкости с помощью расходомера Вентури, если диаметр до сужения  $D=150$  мм, в узкой части  $d=60$  мм, разность показаний пьезометров  $\Delta h=1$  м.

### Задача №4

Определить среднюю скорость и расход жидкости в сечении большего диаметра конической трубы, если  $d_1=400$  мм,  $d_2=200$  мм и средняя скорость в сечении меньшего диаметра  $v_2=1,0$  м/с.

### Пример 1

Определить среднюю скорость и расход жидкости в сечении большего диаметра конической трубы, если  $d_1 = 400$  мм,  $d_2 = 200$  мм и средняя скорость в сечении меньшего диаметра  $v_2 = 1,0$  м/с.

*Решение:*

1) Из уравнения неразрывности потока

$$v_1 \omega_1 = v_2 \omega_2 = const$$

следует, что

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1}, \text{ или } \frac{v_1}{v_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$$

2) Определяем среднюю скорость в сечении большего диаметра трубы:

$$v_1 = v_2 \frac{d_2^2}{d_1^2} = 1 \cdot \frac{0,2^2}{0,4^2} = 0,25 \text{ м/с}$$

3) Определяем расход жидкости в трубе, так как

$$Q_1 = Q_{II} = Q = const, a$$

$$Q = v_1 \omega_1 = v_2 \omega_2 = const, mo$$

$$Q = v_1 \frac{\pi d_1^2}{4} = 0,25 \frac{3,14 \cdot 0,4^2}{4} = 0,0314 \text{ м}^3 / \text{с} \text{ или } 113,04 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

### Пример 2

Определить расход воды в трубе  $D = 200$  мм, если диаметр цилиндрической вставки водомера Вентури  $d = 100$  мм; разность напоров в большом и малом сечениях  $h = 0,5$  м и коэффициент, учитывающий потери напора в водомере  $\zeta = 0,98$ .

*Решение:*

2) Определяем постоянную  $K$  данного водомера:

$$K = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2g}{\left(\frac{D}{d}\right)^4 - 1}} = \frac{3,14 \cdot 0,2^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81}{(0,2/0,1)^2 - 1}} = 0,036 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

2) Определяем расход воды в трубе:

$$Q = \zeta K \sqrt{h} = 0,98 \cdot 0,036 \sqrt{5} = 0,025 \text{ м}^3 / \text{с}, \text{ или } 90 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

### Вопросы для самоконтроля знаний

8. Что такое пьезометрическая высота?
9. Что следует из уравнения постоянства расхода?
10. Что показывает уравнение неразрывности потока?
11. Какие параметры потока жидкости связывает между собой уравнение Бернулли?
12. Какой закон представляет собой уравнение Бернулли?
13. Объяснить в результате чего изменяется величина пьезометрической высоты и высоты скоростного напора от одного сечения к другому.
14. Изменится ли величина полного гидродинамического напора трубопровода для идеальной жидкости и почему?
15. Изменится ли величина полного гидродинамического напора в конце трубопровода для реальной жидкости и почему?

Рекомендуемая литература:

Л[ 1 ] с.17.

### Тема: Гидравлические сопротивления (2ч.)

Студент должен

*знать:*

-виды движения жидкости; режимы течения жидкостей; критическое число Рейнольдса; распределение скорости по живому сечению при ламинарном и турбулентном течении жидкости; и причины потерь напора по длине

*уметь:*

-определять режимы течения жидкости для различных условий; определять критическую скорость течения жидкости, определять суммарные потери напора.

### Задание

- 1) Решить практические задачи, используя таблицы справочников для определения коэффициента местных сопротивлений и номограмму Г.А. Мурина для определения линейных потерь напора
- 2) Письменно ответить на вопросы для самоконтроля знаний

### Задача №1

Определить режим движения жидкости в трубопроводе диаметром  $d=120$  мм, если расход воды  $Q=85$  л/с. Коэффициент кинематической вязкости  $\nu = 1,3 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с.

### Задача №2

Определить потерю напора при внезапном расширении трубопровода, если  $d_1 = 100$  мм,  $d_2 = 150$  мм и скорость в широком сечении  $\omega = 1$  м/с:

### Задача №3

Определить потерю напора при прохождении жидкости в трубопроводе через диффузор с углом расширения  $\alpha = 15^\circ$ , если  $d_1 = 100$  мм,  $d_2 = 150$  мм, скорость в широком сечении  $\omega_2 = 1$  м/с.

### Задача №4

Определить местные потери напора, если жидкость входит в трубопровод с острыми кромками и движется со скоростью  $\omega = 1$  м/с, проходя два колена полностью открытую задвижку с выходом из трубы в резервуар.

### Задача №4

Определить потери напора на трение по длине трубопровода с эквивалентной шероховатостью  $k_s = 0,1$  (мм), диаметром  $d = 0,2$  (мм) и длиной  $l = 2000$  (м). Если по нему транспортируется жидкость с кинематическим коэффициентом вязкости  $\nu = 10^{-6}$  (м<sup>2</sup>/с) с расходом  $Q = 0,02$  (м<sup>3</sup>/ч).

### Пример 1

Определить местные потери напора, если жидкость движется со скоростью  $v = 1$  м/с через цилиндрический трубопровод с острыми кромками, два колена (при  $R_k > 2d$ ), полностью открытую задвижку с выходом из трубы в резервуар под уровень жидкости.

*Решение:*

1) Определяем суммарный коэффициент местных сопротивлений с учетом табл.3:

$$\xi_m = \Sigma \xi = \xi_{ex} + 2\xi_k + \xi_z + \xi_{вых} = 0,5 + 2 \cdot 0,5 + 0,12 + 1,0 = 2,62$$

2) Определяем местные потери напора:

$$h_{ам} = \xi_m \frac{v^2}{2g} = 2,62 \frac{1^2}{2 \cdot 9,81} = 0,134 \text{ м}$$

### Пример 2

Определить потери напора на трение по длине в новом стальном трубопроводе ( $k_s = 0,1$  мм) диаметром  $d = 0,2$  м и длиной  $l = 2 \cdot 10^3$  м, если по нему транспортируется вода с расходом  $Q = 0,02$  м<sup>3</sup>/с. Кинематический коэффициент вязкости воды  $\nu = 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с. Найти потери напора при транспортировании по этому же трубопроводу нефти с тем же расходом. Кинематический коэффициент вязкости нефти  $\nu = 10^{-4}$  м<sup>2</sup>/с.

*Решение:*

3) Скорость движения воды или нефти

$$\omega = Q/S = \frac{0,02 \cdot 4}{3,14 \cdot 0,2^2} = 0,64 \text{ м/с}$$

4) Число Рейнольдса при транспортировании воды

$$\text{Re} = \omega d / \nu = \frac{0,64 \cdot 0,2}{10^{-6}} = 1,28 \cdot 10^5,$$

т.е. режим будет турбулентным.

3) Коэффициент сопротивления на трение находим по формуле Альтшуля:

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{l}{d} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25} = 0,11 \left( \frac{10^{-4}}{0,2} + \frac{68}{1,28 \cdot 10^5} \right)^{0,25} = 0,0198$$

Такое же значение можно получить из графика Г.А.Мурина

4) Потери напора

$$h = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2g} = 0,0198 \frac{2 \cdot 10^3}{0,2} \cdot \frac{0,64^2}{2 \cdot 9,81} = 0,041 \text{ м вод.ст.}$$

5) Число Рейнольдса при транспортировании нефти

$$\text{Re} = \omega d / \nu = 0,64 \cdot 0,2 / 10^{-4} = 1,28 \cdot 10^3,$$

т.е. режим будет ламинарным.

б) Потери напора вычисляются аналогично, но с новым значением коэффициента сопротивления, вычисляемого по формуле Пуазейля:

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} = \frac{64}{1,28 \cdot 10^3} = 0,05$$

$$h = \frac{4,16 \cdot 0,05}{0,0198} = 10,5 \text{ м нефт.ст.}$$

### Вопросы для самоконтроля знаний

1. Охарактеризовать режимы движения жидкости.
2. Чем обусловлены местные потери напора?
3. С какой целью определяется число Рейнольдса?
4. С какой целью используется номограмма Мурина.
5. Дать определение коэффициента местного сопротивления. Каким образом он определяется.
6. Дать классификацию гидравлических сопротивлений.
7. Дать определение коэффициента гидравлического трения. Каким образом он определяется?
8. Чем обусловлены потери напора по длине трубопровода?

Рекомендуемая литература:

Л[ 1 ] с.50.

**Тема: Движение жидкости по трубопроводам и каналам (2ч.)**

Студент должен

*знать:*

-сущность явления гидравлического удара; меры борьбы с гидравлическим ударом;

*уметь:*

-выполнять гидравлический расчет простого и сложного трубопровода.

*Вопросы темы:*

Назначение и классификация трубопроводов. Номограммы для расчета трубопроводов. Методы расчета простого и сложного трубопроводов. Гидравлический удар в трубопроводах. Кавитация и меры борьбы с ней.

### **Основные теоретические положения**

Все трубопроводы делятся на простые и сложные.

Простым - называют трубопровод с одинаковым диаметром труб, не имеющий боковых ответвлений или состоящий из участков труб различных длины и диаметра последовательно соединенных.

Сложным - называют трубопровод, имеющий боковые ответвления.

При расчете трубопроводов ставятся три задачи:

- 1) определение потерь напора;
- 2) определение расхода жидкости;
- 3) определение диаметра трубопровода.

### **Задание**

1) Решить задачи №1 и №2 на определение расхода и потери напора в трубопроводе.

2) Письменно ответить на вопросы для самоконтроля знаний

### **Задача №1**

Расход в начале трубопровода  $Q$ , м<sup>3</sup>/ч. Определить расход жидкости в конце тупикового трубопровода, если к потребителям уходит:  $Q_1$ ;  $Q_2$ ;  $Q_3$ , м<sup>3</sup>/ч.

Таблица 1- Задание

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$Q$ м <sup>3</sup> /ч	5000	5200	5400	5600	5800	6000	6200	6400	6600	6700	6800	6900	7000
$Q_1$ м <sup>3</sup> /ч	1000	1100	1000	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650
$Q_2$ м <sup>3</sup> /ч	1500	1000	1200	1400	1300	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900
$Q_3$ м <sup>3</sup> /ч	2000	2300	2200	1800	1600	2500	2000	2450	2500	2550	2600	2650	2700

Продолжение таблицы 1

Вариант	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$Q \text{ м}^3/\text{ч}$	5000	5200	5400	5600	5800	6000	6200	6400	6600	6700	6800	6900	7000
$Q_1 \text{ м}^3/\text{ч}$	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1550	1400	1650	1600	1750	1700	1850
$Q_2 \text{ м}^3/\text{ч}$	500	600	700	800	900	1000	1150	1200	1300	1350	1400	1450	1500
$Q_3 \text{ м}^3/\text{ч}$	2000	2300	2200	1800	1600	2500	2000	2450	2500	2550	2600	2650	2700

**Задача №2**

Определить расход жидкости и суммарные потери напора в случае параллельного соединения трех трубопроводов в одну напорную магистраль при расходе в первой магистрали  $Q_1 \text{ м}^3/\text{ч}$ , во второй-  $Q_2 \text{ м}^3/\text{ч}$ , в третьей-  $Q_3 \text{ м}^3/\text{ч}$ , если полный напор в точке разветвления  $H_1, \text{м}$  а в точке соединения их обратно  $H_2, \text{м}$ .

Таблица 2- Задание

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$H_1, \text{м}$	40	45	50	55	60	58	56	54	52	50	42	44	60
$H_2, \text{м}$	30	30	35	35	40	45	40	30	25	35	25	20	40
$Q_1 \text{ м}^3/\text{ч}$	1000	1100	1000	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650
$Q_2 \text{ м}^3/\text{ч}$	1500	1000	1200	1400	1300	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900
$Q_3 \text{ м}^3/\text{ч}$	2000	2300	2200	1800	1600	2500	2000	2450	2500	2550	2600	2650	2700

продолжение таблицы 2

Вариант	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
$H_1, \text{м}$	60	65	50	45	40	38	36	34	42	40	52	54	56
$H_2, \text{м}$	30	20	25	25	20	25	10	20	25	35	45	30	40
$Q_1 \text{ м}^3/\text{ч}$	1800	1900	2000	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500	2550	2600	2650
$Q_2 \text{ м}^3/\text{ч}$	1500	1000	1200	1400	1300	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900
$Q_3 \text{ м}^3/\text{ч}$	2000	2300	2200	1800	1600	2500	2000	2450	2500	2550	2600	2650	2700

**Вопросы для самоконтроля знаний**

1. Какой трубопровод называется простым.
2. Какой трубопровод называется сложным.
3. На какие виды делятся сложные трубопроводы

4. Какой трубопровод называется самотечным.
5. Поясните явление кавитации.
6. Что собой представляет гидравлический удар.

Рекомендуемая литература:  
Л[ 1 ] с.91; Л[ 4 ] с.44.

**Тема: Поршневые гидравлические насосы (2ч.)**

Студент должен

*знать:*

-устройство и принцип действия поршневого насоса; достоинства и недостатки поршневого насоса;

*уметь:*

-определять производительность и коэффициент полезного действия насоса.

*Вопросы темы:*

Назначение, конструкция и принцип действия поршневых насосов. Определение основных параметров, характеризующих работу поршневого насоса. Достоинства и недостатки поршневого насоса.

**Основные теоретические положения**

Поршневые насосы работают по принципу вытеснения жидкости при возвратно-поступательном движении поршня в гидроцилиндре. При этом поршень может быть выполнен в виде диска или плунжера — скалки (длинного цилиндрического штока).

Насос, у которого поршень выталкивает жидкость только одной торцевой частью, называют насосом одностороннего (простого) действия. Если цилиндр насоса имеет две рабочие камеры, расположенные по обеим сторонам поршня, и поршень поочередно выталкивает жидкость из них, то такой насос называют насосом двустороннего (двойного) действия.

**Задание**

1) Решить задачи №1;2;3 на определение действительной подачи и потребляемой мощности насоса.

2) Письменно ответить на вопросы для самоконтроля знаний

**Задача №1 (Вариант 1-10)**

Определить подачу и потребляемую мощность однопоршневого насоса двустороннего действия. Если диаметр цилиндра  $D$  м ; диаметр штока  $d$  м; ход поршня  $L$  м , частота вращения кривошипа  $n$  об/мин; объёмный КПД-

$\eta_0$ . Насос обеспечивает напор  $H$  м. Полный КПД насоса -  $\eta_H$ . Данные для расчета приводятся в таблице 3.

*Порядок расчета*

1) Определяем действительную подачу насоса

$$Q = \eta_0 \frac{(2F - f) * l * n * i}{60}, \text{ м}^3/\text{с}$$

2) Определяем потребляемую мощность насоса

$$N = \frac{\rho Q H}{102 \eta_H}, \text{ кВт}$$

### **Задание №2 (Вариант 11-21)**

Определить подачу потребляемую мощность двух поршневого насоса двухстороннего действия. Если диаметр цилиндра  $D$  м ; диаметр штока  $d$  м; ход поршня  $L$  м , частота вращения кривошипа  $n$  об/мин; объёмный КПД-  $\eta_0$ . Насос обеспечивает напор  $H$  м. Полный КПД насоса -  $\eta_H$ . Данные для расчета приводятся в таблице 3.

1) Определяем действительную подачу насоса

$$Q = \eta_0 \frac{2(2F - f) * l * n}{60}, \text{ м}^3/\text{с}- \text{ подача насоса}$$

2) Определяем потребляемую мощность насоса

$$N = \frac{\rho Q H}{102 \eta_H}, \text{ кВт}$$

### **Задача №3 (Вариант 22-30)**

Определить подачу и потребляемую мощность двух поршневого насоса одностороннего действия и если диаметр цилиндра  $D$ , м ; диаметр штока  $d$  м; ход поршня  $L$ , м , частота вращения кривошипа  $n$ , об/мин; объёмный КПД-  $\eta_0$ . Насос обеспечивает напор  $H$ , м. Полный КПД насоса -  $\eta_H$ . Данные для расчета приводятся в таблице 3.

1) Определяем действительную подачу насоса

$$Q = \eta_0 \frac{2F * l * n * i}{60} \text{ м}^3/\text{с}$$

2) Определяем потребляемую мощность насоса

$$N = \frac{\rho Q H}{102 \eta_H}, \text{ кВт}$$

**Таблица 3** - Данные к задачам №1;2;3

Парам.	Вариант														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
d, м	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,09	0,08	0,07	0,06	0,055
l, м	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,5

п, об/мин	90	100	110	120	90	100	110	120	160	120	150	160	200	90	100
$\eta_n$	0,6	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69	0,7	0,71	0,75	0,73	0,74
$\eta_0$	0,9	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,9	0,9	0,93
H,м	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Д,м	0,1	0,15	0,18	0,2	0,25	0,3	0,35	0,3	0,25	0,2	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5

продолжение табл.3

Парам.	Вариант														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
d, м	0,045	0,035	0,035	0,025	0,015	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
l, м	0,2	0,25	0,3	0,3	0,4	0,2	0,25	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7
п, об/мин	80	80	90	90	100	100	120	129	150	155	160	110	120	130	140
$\eta_n$	0,68	0,6	0,65	0,65	0,67	0,68	0,64	0,7	0,72	0,74	0,7	0,8	0,75	0,85	0,6
$\eta_0$	0,9	0,95	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,8	0,85	0,9	0,95	0,9	0,96	0,97	0,98
Д,м	0,1	0,15	0,18	0,2	0,25	0,3	0,35	0,3	0,25	0,2	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
H,м	50	40	45	30	35	55	60	65	60	70	75	80	85	90	100

### Пример

Определить подачу и потребляемую мощность поршневого одноцилиндрового насоса двойного действия, если известно, что диаметр цилиндра  $D=0,04\text{м}$ , ход поршня  $l=0,25\text{м}$ , частота вращения вала насоса  $n=90\text{об/мин}$ , объемный к.п.д. насоса  $\eta_0 = 0,92$ . Насос обеспечивает напор  $H=70\text{м}$ .

*Решение*

1) Определяем подачу насоса:

$$Q = \eta_0 \frac{(2F - f) \ln i}{60} = 0,92 \frac{\left( 2 \frac{3,14 \cdot 0,2^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 0,04^2}{4} \right) 0,25 \cdot 90 \cdot 1}{60} = 0,021 \text{ м}^3 / \text{с} \text{ или } 75,6 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

2) Определяем мощность, потребляемую насосом:

$$N = \frac{\rho Q H}{102 \eta_n} = \frac{1000 \cdot 0,021 \cdot 70}{102 \cdot 0,8} = 18 \text{ кВт}.$$

### Вопросы для самоконтроля знаний

1. На чем основан принцип работы поршневого насоса?
2. Дать определение поршневого насоса одностороннего действия.
3. Дать определение поршневого насоса двойного действия.

4. Перечислить достоинства поршневого насоса
5. Перечислить недостатки поршневого насоса.
6. Объяснить назначение и принцип действия воздушных колпаков поршневых насосов.
7. Пояснить устройство и принцип работы поршневого насоса одностороннего действия.
8. Пояснить устройство и принцип работы поршневого насоса двойного действия.
9. Перечислить параметры, характеризующие работу поршневого насоса.
10. Как определяется подача поршневого насоса одностороннего действия?
11. Как определяется подача поршневого насоса двойного действия?
12. Как определяется полный напор поршневого насоса?
13. Как определяется мощность и КПД поршневого насоса?

Рекомендуемая литература:  
Л[ 2 ] с.66; Л[ 4 ] с.53.

## 2.1 Методические указания к выполнению написания рефератов

Источником информации для выполнения рефератов могут быть книги, журналы или сайты Интернета.

Тему реферата студент выбирает из списка указанного в методическом указании для самостоятельных работ. Студент может выбрать другую тему для реферата, предварительно согласовав ее с преподавателем.

Реферат выполняется в виде печатного текста на формате А4. Объем должен быть не менее трех листов печатного текста, выполненного размером шрифта 14. Оформление титульного листа указано в приложении.

Оформление текста реферата должно соответствовать общим требованиям оформления самостоятельной работы.

В текст реферата должны быть вставлены рисунки, схемы, чертежи, с обязательным их пояснением в тексте. Желательно размещение наглядных схем и чертежей на большом формате А1 и оформленном в виде плаката.

В конце работы необходимо указать список литературы, в который включаются лишь те источники, которые были непосредственно использованы при написании работы.

### **Тема: Общие сведения о гидравлических машинах (2ч.)**

Студент должен

*знать:*

- назначение, классификацию и область применения основных типов насосов;
- основные параметры насосов, гидродвигателей;

*уметь:*

- определять параметры насоса и гидродвигателей, выбирать марку двигателя по каталогу.

### *Темы рефератов*

- 1 Гидродвигатели.
- 2 Лопастные насосы (центробежные, осевые).
- 3 Насосы трения.
- 4 Поршневые насосы.
- 5 Гидромоторы.
- 6 Шестерные и винтовые гидромашины
- 7 Гидроцилиндры.
- 8 Гидромуфты.
- 9 Вихревые насосы.
- 10 Винтовые насосы.
- 11 Струйные насосы.

### *Содержание реферата*

В содержание реферата необходимо отразить следующие вопросы:

- 1) Назначение и область применения насоса.
- 2) Название и расшифровка марки насоса.
- 3) Технические характеристики насоса.
- 4) Конструкция и принцип работы насоса.
- 5) Рабочая характеристика.
- 6) Достоинства и недостатки насоса.
- 7) Конструкции основных узлов насосов.
- 8) Эксплуатация и особенности работы насосов.
- 9) Обслуживание и вывод в ремонт.

Рекомендуемая литература:  
Л[ 2 ] с.63; Л[ 5 ] с.125;230

**Тема: *Насосы и вентиляторы энергетических предприятий (4ч.)***

Студент должен

*знать:*

-назначение, конструкцию и параметры насосов и вентиляторов, применяемых в системах теплоснабжения энергетических предприятий;

*уметь:*

-выбирать основные типы насосов энергетических предприятий согласно нормам технологического проектирования (НТП) по каталогам и справочной литературе.

*Темы рефератов*

*Насосы (2ч.)*

- 1 Питательны насосы.
- 2 Бустерные насосы.
- 3 Конденсатные насосы.
- 4 Сетевые насосы.
- 5 Циркуляционные насосы.
- 6 Автоматика, защита и сигнализация питательных насосов.
- 7 Насосы химводоочистки.
- 8 Масляные насосы и насосы системы топливоснабжения.
- 9 Дренажные насосы.

*Содержание реферата*

В содержание реферата необходимо отразить следующие вопросы:

- 1) Назначение и область применения насоса.
- 2) Название и расшифровка марки насоса.
- 3) Технические характеристики насоса.
- 4) Конструкция и принцип работы насоса.
- 5) Рабочая характеристика.

- 6) Достоинства и недостатки насоса.
- 7) Конструкции основных узлов насосов.
- 8) Эксплуатация и особенности работы насосов.
- 9) Обслуживание и вывод в ремонт.

### *Вентиляторы (2ч.)*

1 Вентиляторы применяемые в системе теплоснабжения энергетических предприятий.

#### *Содержание реферата*

В содержание реферата необходимо отразить следующие вопросы:

- 1) Назначение и область применения вентиляторов.
- 2) Название и расшифровка марки вентилятора.
- 3) Технические характеристики вентилятора.
- 4) Основные типы, конструкции и параметры вентиляторов.
- 5) Особенности эксплуатации вентиляционного оборудования .
- 6) Достоинства и недостатки работы вентиляторов.
- 7) Обслуживание и эксплуатация вентиляторов.
- 8) Особенности работы вентиляторов, вывод в ремонт.

Рекомендуемая литература:

Л[ 3] с. 63; Л[ 6] с.206.

#### **Тема: *Гидравлические насосы специального назначения (2ч.)***

Студент должен

*знать:*

-конструкцию, основные характеристики, принцип действия гидравлических насосов специального назначения.

#### *Темы рефератов*

- 1 Конструкция, основные характеристики и принцип действия струйных насосов.
- 2 Конструкция, основные характеристики и принцип действия вихревых насосов.
- 3 Конструкция, основные характеристики и принцип действия водокольцевых вакуумных насосов.

#### *Содержание реферата*

В содержание реферата необходимо отразить следующие вопросы:

- 1) Назначение и область применения насоса.
- 2) Название и расшифровка марки насоса.
- 3) Технические характеристики насоса.

- 4) Конструкция и принцип работы насоса.
- 5) Рабочая характеристика.
- 6) Достоинства и недостатки насоса.
- 7) Конструкции основных узлов насосов.
- 8) Эксплуатация и особенности работы насосов.
- 9) Обслуживание и вывод в ремонт.

Рекомендуемая литература:  
Л[ 6 ] с.391-406

**Тема: Насосы атомных электростанций (2ч.)**

Студент должен

*знать:*

-конструкционные особенности насосов, применяемых на АЭС; рабочие параметры, условия эксплуатации главных циркуляционных насосов АЭС.

*Темы рефератов*

- 1 Главные циркуляционные насосы АЭС.
- 2 Питательные насосы АЭС.
- 3 Конденсатные насосы АЭС.
- 4 Правила ТБ при обслуживании насосов ТЭС и АЭС.

*Содержание реферата*

В содержание реферата необходимо отразить следующие вопросы:

- 1) Назначение и область применения насоса.
- 2) Название и расшифровка марки насоса.
- 3) Технические характеристики насоса.
- 4) Конструкция и принцип работы насоса.
- 5) Рабочая характеристика.
- 6) Достоинства и недостатки насоса.
- 7) Конструкции основных узлов насосов.
- 8) Эксплуатация и особенности работы насосов.
- 9) Обслуживание и вывод в ремонт.

Рекомендуемая литература:  
Л[61] с.293.

**Экзаменационные вопросы по предмету: «Гидравлика и гидравлические машины».**

1. Физические свойства жидкости.
2. Приборы для измерения свойств жидкости.
3. Силы, действующие на жидкость. Гидростатическое давление в точке и его свойства.
4. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля.
5. Давление жидкости на плоскую стенку и цилиндрическую поверхность. Гидростатический парадокс.
6. Понятие о потоке и элементарной струйке жидкости.
7. Гидравлические элементы потока. Расход, средняя скорость. Уравнение неразрывности струи.
8. Уравнение Бернулли для потока идеальной и реальной жидкости. Уравнение баланса.
9. Графическое представление уравнения Бернулли и построение напорной и пьезометрической высот.
10. Измерение расхода жидкости. Водомер Вентури.
11. Ламинарный и турбулентный режимы движения жидкости в трубах. Критерий Рейнольдса.
12. Классификация гидравлических сопротивлений.
13. Формула Дарси-Вейсбаха. Коэффициент гидравлического трения. Потеря напора по длине трубы.
14. Местные гидравлические сопротивления. Суммарные потери напора в трубопроводе.
15. Истечение жидкости через донное отверстие и затопленное отверстие в боковой стенке. Коэффициенты сжатия, скорости и расхода.
16. Истечение жидкости через насадки.
17. Назначение и классификации трубопроводов. Задачи при расчёте трубопроводов.
18. Расчет простого трубопровода.
19. Сифонные трубопроводы. Расчет сифонного трубопровода.
20. Понятие о явлении кавитации. Кавитация в насосах, последствия и меры борьбы с ней.
21. Гидравлический удар в трубопроводах и меры борьбы с ним.
22. Расчет сложного трубопровода..
23. Гидравлические машины. Основные понятия и определения. Область применения.
24. Классификация гидравлических машин по принципу действия и конструкции.
25. Классификация насосов ТЭС по назначению.
26. Основные технические показатели и характеристики насосов.
27. Напор создаваемый центробежным насосом. Схемы установи насосных агрегатов.
28. Классификация центробежных насосов. Их достоинства и недостатки.
29. Треугольники скоростей на входе и выходе с лопасти центробежного

насоса.

30. Основное уравнение центробежного насоса - уравнение Л.Эйлера.
31. Теоретический напор насоса. Влияние профиля лопасти на величину напора. Действительный напор насоса.
32. Характеристика центробежного насоса.
33. Законы пропорциональности. Универсальная характеристика центробежного насоса.
34. Коэффициент быстроходности.
35. Всасывающая способность центробежных насосов. Геометрическая и вакуумметрическая высота всасывания.
36. Расчет центробежного насоса и выбор двигателя.
37. Кавитация в насосах, последствия и меры борьбы с ней.
38. Регулирование подачи и напора центробежного насоса.
39. Параллельная и последовательная работа насосных агрегатов.
40. Построение суммарной характеристики при параллельной и последовательной работе насосов.
41. Принцип действия и область применения центробежных насосов.
42. Принцип действия и область применения поршневых (плунжерных) насосов. Их достоинства и недостатки.
43. Основные технические показатели, характеризующие работу поршневых насосов
44. Принципиальные тепловые схемы ТЭС и АЭС.

## **Список рекомендуемой литературы**

Основные источники:

1 Стесин С.П. Гидравлика, гидромашины и гидропневморивод - М.: Издательский центр «Академия», 2015г.- 336с.

2 Брюханов О.Н., Мелик-Аракелян А.Т., Коробко В.И. Основы гидравлики и теплотехники. - М.: Издательский центр «Академия», 2015.- 240 с.

Дополнительная литература:

1 Жабо В.В., Уваров В.В. Гидравлика и насосы. — М.: Энергоатомиздат, 2014г.-328с.

2 Поспелов Л.П. Гидравлика и основы гидропривода. — М.: Недра, 2013 г. -118с.

3 Рабинович Е.З. Гидравлика. — М.: Недра, 2013г.-465с.

4 Справочник по гидравлике. Под ред. Большакова В.А. Киев: Высшая школа, 2013г. – 395с.

5 Сафин И.Ф., Сафонов П.В. Основы гидравлики и гидропривод.-М.: Высшая школа, 2013.-222с.

6 Черняк О.В. Основы теплотехники и гидравлики.-М.:Высшая школа, 2013-287с.

7 Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры -М.: Энергоатомиздат, 2014г.-416с.