

Министерство сельского хозяйства РФ  
Колледж Агробизнеса Забайкальского аграрного института ФГБОУ СПО «Иркутская  
государственная сельскохозяйственная академия»

## **ОСНОВЫ ГИДРАВЛИКИ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ**

Методические указания и контрольные задания  
для студентов – заочников средних профессиональных учебных заведений  
по специальности: 190631 «Техническое обслуживание и ремонт автомобильного  
транспорта»

Чита 2011 г

ББК 30.123:31.56

К 8 9

УДК 532

**Рецензенты:** Лежнев А.А., кандидат технических наук, доцент кафедры инженерных дисциплин Забайкальского аграрного института.

Самодурова Т.Н., преподаватель дисциплины – физика Колледжа Агробизнеса Забайкальского аграрного института.

**Составитель:** Кузнецова Е.В. – преподаватель общетехнических дисциплин Колледжа Агробизнеса Забайкальского аграрного института.

Методические указания и контрольные задания для студентов – заочников специальности: 190631 «ТО и ремонт автомобильного транспорта» - г. Чита Колледж Агробизнеса Забайкальского аграрного института, 2013 г.

Данные методические указания и контрольные задания, составлены по программе, утвержденной Департаментом кадровой политики и образования Минсельхоза РФ.

Методические указания и контрольные задания, необходимы студенту – заочнику для выполнения контрольной работы по дисциплине: «Основы гидравлики и гидравлические машины»

Рассмотрено: на заседании цикловой комиссии общетехнических дисциплин Колледжа Агробизнеса ЗабАИ

Протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2011 г.

Рекомендованы методическим советом Колледжа Агробизнеса ЗабАИ

от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2011г

компьютерная верстка: Гнедич Т.В.

Колледж Агробизнеса ЗабАИ

### **Рецензия**

На методические указания и контрольные задания для студентов – заочников по дисциплине: «Основы гидравлики и гидравлические машины» для специальности: 190631 «ТО и ремонт автомобильного транспорта», выполненное преподавателем общетехнических дисциплин Колледжа Агробизнеса Забайкальского аграрного института ФГБОУ ВПО «Иркутская государственная сельскохозяйственная академия» Кузнецовой Е.В.

Изучая, данные разделы: студент – заочник, самостоятельно закрепляет, углубляет и расширяет свои знания. На основе полученных знаний выполняет контрольную работу.

В методическом указании, правильно использована терминология, буквенные обозначения, формулярные символы, достаточно рассмотрено примеров для выполнения контрольной работы.

Предлагаемое методическое указание актуально и предлагается для практического применения. Оно развивает творческое мышление студента, формирует умения и навыки самостоятельного умственного труда, повышает интерес к изучаемой дисциплине.

Рецензент: Самодурова Т.Н. – преподаватель дисциплины – физика Колледжа Агробизнеса Забайкальского аграрного института.

### **Рецензия**

На методические указания и контрольные задания для студентов – заочников по дисциплине: «Основы гидравлики и гидравлические машины» для специальности: 190631 «ТО и ремонт автомобильного транспорта», выполненное преподавателем общетехнических дисциплин Колледжа Агробизнеса Забайкальского аграрного института ФГБОУ ВПО «Иркутская государственная сельскохозяйственная академия» Кузнецовой Е.В.

По дисциплине выполняется одна контрольная работа. В нее входят задачи по гидравлике и гидравлическим машинам и теоретические вопросы, т.е. задания являются комплексными. По всем темам программы определены формируемые представления, знания и умения, которые студент – заочник сможет приобрести, указаны вопросы для практических занятий.

В методическом указании, правильно использована терминология, буквенные обозначения, формулярные символы, достаточно рассмотрено примеров для выполнения контрольной работы, а также достаточно рекомендуемой литературы.

Предлагаемое методическое указание актуально и предлагается для практического применения.

Рецензент: Лежнев А.А. – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерных дисциплин Забайкальского аграрного института

### ***Общие методические указания***

Дисциплина «Основы гидравлики и гидравлические машины» является дисциплиной базового уровня и состоит из двух разделов «Основы гидравлики» и «Гидравлические машины».

В разделе «Основы гидравлики» студент изучает свойства жидкостей и газов, силы действующие в жидкостях, общие законы гидростатики и гидродинамики. В этом разделе рассматриваются виды движения жидкости, гидравлические сопротивления, истечение жидкости через отверстия и насадки, движение жидкости в напорных трубопроводах.

Во втором разделе «Гидравлические машин» студенты изучают основные понятия о гидравлических насосах, гидравлических двигателях, гидравлических турбинах и гидроприводе.

Изучаемая дисциплина является базой для изучения специальных дисциплин.

Изучение дисциплины состоит из самостоятельной работы студента, установочных и обзорных занятий, лабораторных работ, практических занятий и консультаций.

Самостоятельная работа студента – заочника заключается в изучении дисциплины по рекомендуемой литературе, выполнении контрольной работы и практических работ.

По дисциплине выполняется одна контрольная работа, в нее входят задачи и теоретические опросы, т.е. задания являются комплексным. Исходные данные к задачам и номера вопросов выбираются согласно варианту. Вариантом являются две последние цифры из шифра. Например, шифр 479, то вариант будет 79. по всем темам программы определены формируемые представления, знания и умения, которые студент – заочник сможет приобрести, указаны вопросы для самоконтроля и задания для практических занятий.

Приступив к проработке темы, необходимо вначале уяснить по программе и методическим указаниям круг рассматриваемых вопросов. Затем изучить материал темы по рекомендуемой литературе, выделить главные вопросы, основные положения законспектировать, дать ответы на вопросы для самопроверки, выполнить практические задания. После этого выполнить контрольную работу.

При выполнении контрольной работы условие каждой задачи должно быть записано полностью. Решение задач нужно кратко пояснить. Рисунки и схемы выполняются четко и аккуратно, чертежи и графики в удобных для чтения масштабах. Числовые значения величины располагаются в порядке написания их обозначений в формуле. Все измерения и вычисления необходимо выполнить в международной системе единиц (СИ).

В результате изучения дисциплины, студент должен:

Иметь представление: о принципах работы гидравлических систем и их применении, об устройстве гидравлических машин;

Знать: устройство и принцип работы гидравлических машин.

Уметь: использовать гидравлические устройства в технике.

По дисциплине согласно учебному плану предусмотрен зачет. Студенты не могут быть допущены к сдаче зачета без зачтенной контрольной работы. Кроме того, замечания в контрольной работе до зачета должны быть доработаны студентом и проверены преподавателем.

## Рекомендуемая литература

### *Информационное обеспечение обучения*

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

### Литература

1. Брюханов О.Н., Коробко В.И., Мелик – Аракепян А.Г. Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики: Учебник.-М.: ИНФРА – М, 2005
2. Дробнис В.Ф. Гидравлика и гидравлические машины – М.: Просвещение, 1995
3. Зимняков Н.В. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы – М.: «Колос – Пресс», 2006
4. Жабо В.В., Уваров В.В. Гидравлика и насосы. – М.: Энергоатомиздат, 1984
5. Пашков Н.Н., Долгачев Ф.М. Гидравлика. Основы гидрологии. – М.: Энергоатомиздат, 1985
6. Гуревич А.М., Сорокин Е.М. Тракторы и автомобили. – М «Колос», 1978
7. Черняк О.В., Рыбчинская Г.В. Основы теплотехники и гидравлики. – М.: Высшая школа, 1979
8. Интернет – ресурс «Гидравлика и гидравлические машины». Форма доступа: [ru.wikipedia.org](http://ru.wikipedia.org)

## Учебное задание

### Введение

Студент должен: иметь представление: о содержании дисциплины «Основы гидравлики и гидравлические машины», ее задачах и связях с другими дисциплинами;

Знать: краткую историю развития науки и место российских учебных в развитии гидравлики.

Дисциплина «Основы гидравлики и гидравлические машины», ее задачи, содержание и связь с другими дисциплинами учебного плана. Реализация законов гидравлики в различных областях техники. Краткая история науки. Место российских ученых в развитии гидравлики. Роль дисциплины в подготовке специалистов.

Литература: Л-1, с. 3...8; Л-2, с. 4...8.

### Методические указания

Название «гидравлика «гидравлика» происходит от сочетания греческих слов «хюдор» - вода и «аулос» - труба, желоб и первоначально обозначено учение о движении воды по трубам. Такое трактование гидравлики имеет теперь лишь историческое значение, так как с развитием производства и техники область применения законов гидравлики существенно расширилась. На законах гидравлики основан расчет разнообразных гидротехнических сооружений (например, плотин, каналов, водосливов), трубопроводов, для подачи различных жидкостей, гидромашин (насосов, гидротурбин, гидropередач), а также других гидравлических устройств, применяемых во многих областях техники. Большое применение гидравлика находит в системах подачи топлива, охлаждения, смазочных системах современных автомобилей, тракторов и других сельскохозяйственных машин.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Какие задачи выполняет дисциплина «Основы гидравлики и гидравлические машины»?
2. Что изучает гидравлика?
3. Когда зародилась гидравлика как наука и кто ее основатель?
4. Какие российские ученые внесли вклад в развитие гидравлики и гидравлических машин?

## Раздел 1. Основы гидравлики

### 1.1 Основные понятия и определения гидравлики

**Студент должен иметь представление:** о гидравлике, о четырёх агрегатных состояниях вещества;

**знать:** понятие жидкости, её свойства.

Общие сведения о гидравлике. Понятие «жидкость». Модели жидкой среды. Идеальная ньютоновская и неньютоновская жидкости, их особенности.

**Литература:** Л-1, с.16...20; Л-2, с. 8...12.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Из каких разделов состоит гидравлика?
2. Что изучают гидростатика и гидродинамика?
3. Что такое жидкость?
4. Приведите примеры ньютоновской и неньютоновской жидкостей.
5. Какая жидкость называется идеальной?
6. Какими свойствами обладает идеальная жидкость?

### 1.2. Физические свойства жидкостей и газов

**Студент должен иметь представление:** о поверхностном натяжении, о его влиянии на капиллярность, об агрегатном состоянии вещества;

**знать:** физические свойства жидкостей и газов;

**уметь:** определять плотность, удельный вес, кинематическую вязкость.

Основные физические свойства жидкости. Плотность, удельный вес, вязкость, сжимаемость жидкостей. Физические свойства газов, их отличительные особенности.

Единицы измерений физических свойств жидкостей и газов.

**Литература:** Л-1 с.9...16; Л-2 с. 8...12.

**Пример 1.** Определить плотность и удельный объем дизельного топлива при 25°C, если нефтенсиметр при температуре 15 °C показывает плотность  $\rho = 835 \text{ кг/м}^3$ , а коэффициент объемного расширения равен  $0,00073 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . Подсчитайте, на сколько килограмм изменилась плотность.

Определите массу дизельного топлива, если объем емкости  $V = 60 \text{ м}^3$ .

При расчете используйте формулу Д.И. Менделеева:

$$\rho_t = \frac{\rho_0}{1 + \beta(t - t_0)}$$

а удельный объем

$$\nu_\tau = \frac{1}{\rho_\tau}$$

Изменение плотности при изменении температуры

$$M = \rho_{15} - \rho_{25}$$

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Что происходит с вязкостью при повышении температуры у жидкостей и газов?
2. Чем объясняется, наличие капли, мыльного пузыря?
3. Какие основные свойства жидкостей Вы знаете?
4. Что называют динамической вязкостью?
5. Что называют кинематической вязкостью?

### 1.3. Силы, действующие в жидкостях

**Студент должен иметь представление:** о напряжениях действующих в покоящейся жидкости;

**знать:** основные силы, действующие в жидкостях;



**уметь:** определять гидростатическое давление, силу давления жидкости на плоскую и криволинейную стенки;

Внешние (поверхностные и массовые) и внутренние силы, напряжения действующие в жидкостях. Понятие о давлении жидкостей. Абсолютное и избыточное давление, вакуум. Пьезометрическая высота. Гидростатический напор, его физический и геометрический смысл. Сообщающиеся сосуды. Методы и приборы для измерения давления. Силы гидростатического давления жидкости на стенки.

*Литература:* Л-1, с. 23...42; Л-2 с. 13...25.

**Пример 2:** Ванна прямоугольной формы заполнена водой до верхнего края. Высота ванны  $h = 1,8\text{ м}$ , ширина  $v = 2\text{ м}$ , длина  $\ell = 2\text{ м}$ . Плотность воды принять  $\rho = 1000\text{ кг/м}^3$ .

Поверхностное давление принять равным атмосферному давлению

$P_0 = P_{\text{атм}} = 0,101325\text{ МПа}$ . Требуется определить давление воды на дно резервуара, полную силу давления на боковую стенку.

**Решение:**

Выполним чертеж ванны в произвольном масштабе.

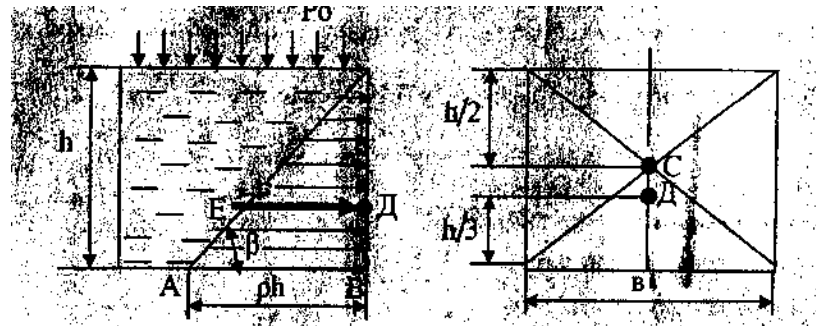


Рис. 1.

По основному уравнению гидростатики определим давление воды на дно

$$P = \rho gh + P_0$$

где:  $P$  – давление, действующее на дно ванны, Па;

$g = 9,81\text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения;

$P_0$  – поверхностное давление, Па;

$h$  – глубина, м.

Так как  $P_0 = P_{\text{атм}}$ , то гидростатическое давление на дно сосуда равно избыточному давлению, созданному весом столба жидкости

$$p = \rho gh = 1000 \cdot 9,81 \cdot 1,8 = 17658 \text{ Па} = 17,6 \text{ кПа}.$$

Определим полную силу давления на боковую вертикальную стенку

$$F = \rho \cdot g \cdot h_c \cdot A,$$

где  $h_c = \frac{h}{2}$  – глубина до центра тяжести стенки в м;

$A = v \cdot h$  – площадь стенки в  $\text{м}^2$ .

$$F = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,9 \cdot 3,6 = 31784 \text{ Па} = 31,78 \text{ кПа},$$

где:  $A = 2 \cdot 1,8 = 3,6 \text{ м}^2$ ,  $h_c = \frac{1,8}{2} = 0,9\text{ м}$

**Пример 3.** Постройте эпюру гидростатического давления по условию задачи из примера 2. Определите положение центра давления.

1. Строим эпюру гидростатического давления на рисунке 1.

Для этого определим избыточное давление, обусловленное весом столба жидкости на поверхности.

$$h = 0; \quad P = \rho gh = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0 = 0;$$

на дне  $h = 1,8\text{ м}$ ;  $P = \rho gh = 1000 \cdot 9,81 \cdot 1,8 = 17658 \text{ Па}$ .

Для воды угол наклона эпюры принято брать равным  $\beta = 45^\circ$ , для более вязких плотных жидкостей - положе, менее вязких - круче. Проводим наклонную, измеряем длину участка эпюры у дна «рgh».

Затем получаем масштаб

$$\mu = \frac{P}{/AB/} = \frac{17,6}{30} = 0,586 \frac{\text{кПа}}{\text{мм}}$$

Зная масштаб эпюры, можем определить давление на любой глубине, измеряя эпюру гидростатического давления.

**Например:**  $P_d = /ED/ = 20 \cdot 0,586 = 11,72 \text{ кПа}$ .

2. Определяем положение центра давления на вертикальную стенку.

Центром давления называют точку приложения равнодействующей  $F$  силы давления на стенку. Равнодействующая проходит через центр тяжести эпюры. Для прямоугольной

стенки центр давления находится на расстоянии  $\frac{h}{3}$  от основания.

$$h_o = \frac{h}{3} = \frac{1,8}{3} = 0,6 \text{ м}$$

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Какие силы называют внешними, а какие внутренними?
2. Какие напряжения действуют в покоящейся жидкости?
3. Что называют гидростатическим давлением в точке?
4. Как найти абсолютное давление?
5. Что называют геометрической, а что пьезометрической высотами?
6. В чём физический смысл гидростатического напора?

#### **1.4. Общие законы и уравнение статики и динамики жидкостей и газов**

**Студент должен иметь представление:** о схемах использования законов гидростатики жидкости в гидравлических машинах;

**знать:** основные законы и уравнения статики и динамики жидкостей, газов;

**уметь:** проводить расчет гидростатического давления, расхода жидкостей и скорости истечения.

Состояние покоя жидкостей. Свойства гидростатического давления. Уравнение равновесия жидкостей. Поверхности равных давлений. Закон Паскаля. Закон Архимеда. Элементарный расход. Напорное и безнапорное давление. Уравнение Бернулли. Физический смысл и графическая интерпретация уравнения Бернулли.

**Пример 4.** Вода протекает по водомеру Вентури, состоящему из трубы диаметром

$D_1 = 180 \text{ мм}$ , в которую вставлен участок трубы диаметром  $D_2 = 80 \text{ мм}$ . Пренебрегая сопротивлениями  $h_w = 0$ , определить расход воды и скорость воды в трубе диаметром  $D_2$ .

Показания пьезометров  $\Pi_1 = 0,45 \text{ м}$ ,  $\Pi_2 = 0,2 \text{ м}$

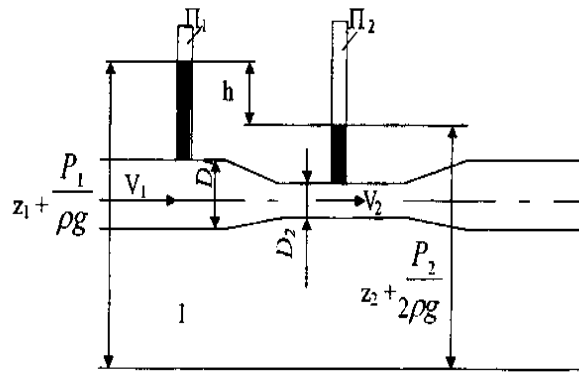


Рис. 2.

### Решение

1. Вычерчиваем схему водомера Вентури.
2. Составляем уравнение неразрывности потока для сечения 1 и 2.

$$V_1 \cdot A_1 = V_2 \cdot A_2, \text{ или } V_1 \cdot \pi D_1^2 / 4 = V_2 \cdot \pi D_2^2 / 4$$

Сократив на  $\pi/4$ , имеем

$$V_1 \cdot D_1^2 = V_2 \cdot D_2^2, \text{ выразим } V_1$$

$$V_1 = V_2 \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^2$$

Составим уравнение Бернулли.

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\left( Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} \right) - \left( Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} \right) + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{V_2^2}{2g}$$

Зная что,  $\left( Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} \right) - \left( Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} \right) = h$ , получим

$$h + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{V_2^2}{2g}, \quad h = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$$

Поставим выражение (2) в выражение (3)

$$h = \frac{V_2^2 - V_2^2 \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^4}{2g}$$

$$\text{откуда } V_2 = \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^4}}$$

расход воды будет равен  $Q = A_2 \cdot V_2 = \frac{\pi D_2^2}{4} \cdot V_2$

$h = \Pi_1 - \Pi_2 = 0,45 - 0,2 = 0,25 \text{ м}$  - разность показаний пьезометров

Определим скорость

$$V_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 0,25}{1 - \left( \frac{0,08}{0,18} \right)^4}} = 2,25 \text{ м/с}$$

Расход воды

$$Q = 3,14 \cdot \frac{0,08^2}{4} \cdot 2,25 = 0,01 \text{ м}^3 / \text{с}$$

**Литература:** Л-1, с. 43...56, Л-2 с. 35...51.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. От чего зависят свойства гидростатического давления в точке?
2. Кто и когда вывел уравнение равновесия жидкостей?
3. Как звучит закон Паскаля?
4. Что называют расходом жидкости?
5. Между какими величинами устанавливает связь уравнения Бернулли?
6. В чем заключен физический смысл уравнения Бернулли?

### 1.5. Турбулентность и ее основные статистические характеристики

**Студент должен иметь представление:** об экспериментах, проведенных О. Рейнольдсом;

**знать:** турбулентность и ее основные характеристики;

**уметь:** определять режимы движения по числу Рейнольдса.

Понятие о турбулентности. Режим движения жидкостей. Закон распределения скоростей. Определение потерь напора при установившемся турбулентном режиме движения. График Никурадзе.

**Литература:** Л-1, с.58...67; Л-2, с.52...60.

**Пример 5:** Определите режим движения рабочей жидкости (масла) в гидросистеме трактора. Подача насоса  $Q=125 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$ , диаметр нагнетательного трубопровода  $d = 12,5 \text{ мм}$ , вязкость рабочей жидкости  $\nu = 19 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ .

Решение.

Определим скорость рабочей жидкости в нагнетательном трубопроводе

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 125 \cdot 10^{-6}}{3,14 \cdot 12,5^2 \cdot 10^{-6}} = 1,02 \text{ м/с}$$

Число Рейнольдса

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu} = \frac{1,02 \cdot 12,5 \cdot 10^{-3}}{19 \cdot 10^{-6}} = 671$$

Так как  $Re = 671 < Re_{кр} = 2300$ , то режим движения - ламинарный.

Если бы  $Re > Re_{кр}$  то движение было бы турбулентным.

**Задание:** Установите режим движения воды в трубе диаметром  $D = 250 \text{ мм}$ , если скорость  $V = 0,5 \text{ м/с}$ , а кинематическая вязкость  $\nu = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ .

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Какое движение называется турбулентным?
2. Как распределяется скорость при ламинарном движении?
3. Что называют потерей напора?
4. Что показывает график Никурадзе?
5. Почему в гидросистемах тракторов режим движения жидкости ламинарный, а в водопроводных трубах - турбулентный?

### 1.6. Гидравлические сопротивления и потери напора.

**Студент должен иметь представление:** о гидравлическом сопротивлении и потере напора.

**Знать:** виды гидравлических сопротивлений и из чего складываются потери напора.

**Уметь:** применять формулу Дарси-Вейсбаха, определять гидравлический коэффициент трения по графику Никурадзе.

Виды гидравлических сопротивлений. Формула Дарси-Вейсбаха. Полные потери напора потока текучей среды в трубопроводе. Абсолютная, относительная и эквивалентная шероховатость стенок труб.

**Литература:** Л-1, с. 57...78, Л-2, с. 66...75

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. От каких параметров зависит гидравлический коэффициент трения при ламинарном течении жидкости?
2. Почему одна и та же труба может быть в одном случае гидравлически гладкой, а в другом – гидравлически шероховатой.
3. Дайте определение местного сопротивления.
4. Как вычисляются потери напора и давления на местных сопротивлениях.

### 1.7. Истечение жидкости через отверстия и насадки

**Студент должен иметь представление:** обеспечение жидкости через малое отверстие в тонкой стенке, уяснить понятие насадки.

**знать:** понятия малого отверстия тонкой стенки, затопленного и незатопленного отверстий. Истечение жидкости из насадок различных типов.

**уметь:** определять скорость и расход жидкости при истечении через отверстия.

Истечение жидкости через малое отверстие в тонкой стенке при постоянном напоре в резервуаре. Формулы для определения скорости и расхода жидкости при истечении через малое отверстие на основе уравнения Бернулли. Процессы истечения жидкости через насадок.

**Пример 6:** Определить расход воды и скорость истечения через круглое незатопляемое отверстие диаметром  $D = 0,2$  м; если напор  $H = 4$  м, коэффициент скорости  $\varphi = 0,97$ , коэффициент расхода  $\mu = 0,62$ . Скоростным напором пренебречь.

**Решение:**

Определяем скорость истечения жидкости.

$$V = \varphi \sqrt{2gH} = 0,97 \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 4} = 8,58 \text{ м/с}$$

$$\text{Площадь отверстия } S_0 = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,2^2}{4} = 0,0314 \text{ м}^2$$

Расход жидкости

$$Q = \mu S_0 \sqrt{2gH} = 0,62 \cdot 0,0314 \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 4} = 0,17 \text{ м}^3 / \text{с}$$

**Литература:** Л-1 с. 91...99; Л-2 с. 77...87.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Какое отверстие называют «малым»? Запишите формулы для определения скорости и расхода жидкости при истечении из малого отверстия?
2. Перечислить типы насадков и кратко охарактеризовать их работу. Где насадки находят свое применение?

### 1.8. Движение жидкости в напорных трубопроводах

**Студент должен иметь представление:** о простых и сложных трубопроводах.

**знать:** методику расчета простых и сложных трубопроводов. Принципы возникновения гидравлического удара в трубопроводе.

**уметь:** рассчитывать простые и сложные трубопроводы.

Цель гидравлического расчета трубопровода заключается в определении по двум известным, третьей величины: расхода жидкости, напора на входе или диаметра труб. При расчете трубопроводов применяют уравнение Бернулли, уравнение постоянства расхода, уравнение Дарси – Вейсбаха. Принципы возникновения гидравлического удара в трубопроводе. Формула Н.Е. Жуковского для определения повышения давления при мгновенном закрытии затвора. Использование гидравлического удара в технике.

**Пример № 7**

Определить диаметр трубопровода для подачи расхода  $Q = 15 \text{ л/с}$  от водонапорной башни  $B$  до предприятия  $A$  при длине стального трубопровода  $\ell = 1000 \text{ м}$ , отметка уровня воды в башне  $H_в = 28 \text{ м}$ , геодезической отметки в конце трубопровода  $Z_A = 2 \text{ м}$  и свободном напоре  $H_{св} \geq 12 \text{ м}$ .

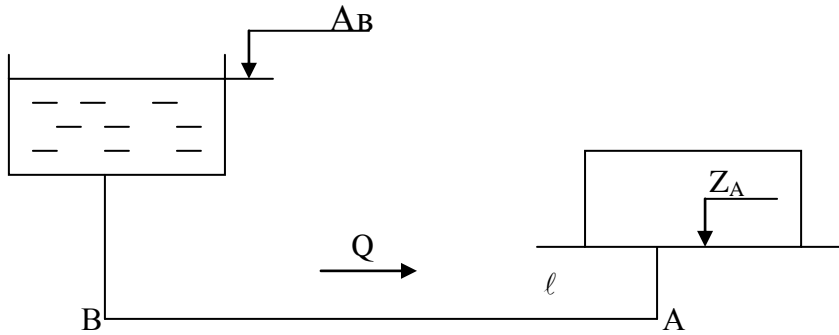


Рис. 3

Считая трубопровод длинным, находим необходимое удельное сопротивление трубы приближенно учитывая местные потери увеличением расчётной длины трубопровода на 5%.

$$S_0 = \frac{I_{\bar{A}} - I_A}{Q^2 \cdot \ell \cdot 1,05} = \frac{28 - (2 + 12)}{0,015^2 \cdot 1000 \cdot 1,05} = 59,2 \bar{\text{н}}^2 / \bar{\text{л}}^6$$

По таблице 5.1 принимаем диаметр условного прохода трубопровода  $d = 150 \text{ мм}$  (ближайший большой), которому соответствует  $S_{\text{окв}} = 30,7 \text{ с}^2 / \text{м}^6$  (при скорости  $V \geq 1,2 \text{ м/с}$ ), после чего уточняем скорость движения воды  $V$  и удельное сопротивление  $S_0$ .

$$V = \frac{4Q}{\pi d_p^2} = \frac{4 \cdot 0,015}{3,14 \cdot 0,158^2} = 0,76 \text{ м/с}$$

где  $d_p$  – расчётный внутренний диаметр –  $158 \text{ мм}$  (табл. 5.1)

При скоростях движения воды в трубе  $V \geq 1,2 \text{ м/с}$ , удельные сопротивления  $S_0$  определяется по формуле:

$$S_0 = S_{i\bar{a}\bar{a}} \Theta$$

где  $\Theta$  – поправочный коэффициент, определяемый в зависимости от скорости.

Скорость  $V$ , м/с  
Коэффициент  $\Theta$

0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1	1,1	1,2
1,41	1,2	1,11	1,06	1,04	1,03	1,015	1

При такой скорости  $V = 0,8$  тогда  $\Theta = 1,06$

$$S_0 = S_{i\bar{a}\bar{a}} \Theta = 30,7 \cdot 1,06 = 32,5 \bar{\text{н}}^2 / \bar{\text{л}}^6$$

Уточним напор в конце трубопровода

$$I_{\bar{A}} = I_A - S_0 \cdot Q^2 \cdot \ell \cdot 1,05 = 28 - 32,5 \cdot 0,015^2 \cdot 1000 \cdot 1,05 = 20,3 \bar{\text{л}}$$

Свободный напор в конце трубопровода

$$I_{\bar{n}\bar{a}} = I_{\bar{A}} - Z_A = 20,3 - 2 = 18,3 \bar{\text{л}} > 12 \bar{\text{л}}$$

Для уменьшения излишнего запаса в свободном напоре часто разбивают трубопровод на два участка с разными диаметрами. Принимаем диаметры участков  $d_1 = 150\text{мм}$  и

$d_2 = 125\text{мм}$  и обозначив длины участков  $l_1$  и  $l_2 = l - l_1$ , получим:

$$(*) H_A - I_A = S_{01} Q^2 l_1 \cdot 1,05 + S_{02} Q^2 (l - l_1) \cdot 1,05$$

Скорость на втором участке

$$V_2 = \frac{4Q}{\pi d_2^2} = \frac{4 \cdot 0,015}{3,14 \cdot 0,133^2} = 1,08 \text{ м/с}$$

где  $dp_2 = 133\text{мм}$ , при  $dp_2 = 125\text{мм}$  (табл. 5.1)

При такой скорости  $V = 1,08$   $\Theta = 1,015$

Поэтому удельное сопротивление  $S_{02}$  на втором участке

$$S_{02} = S_{i\ddot{a}\ddot{a}} \cdot \Theta = 76,4 \cdot 1,015 = 77,5 \tilde{n}^2 / \tilde{i}^6$$

где  $S_{i\ddot{a}\ddot{a}} = 76,4 \tilde{n}^2 / \tilde{i}^6$  (табл. 5.1), для  $d_2 = 125\text{мм}$

тогда, подставляя значения в формулу (\*), получим

$$28 - (2 + 12) = 32,5 \cdot 0,015^2 \cdot l_1 \cdot 1,05 + 77,5 \cdot 0,015^2 (1000 - l_1) \cdot 1,05 \cdot 14 = 0,00775 l_1 + 18,4 - 0,01836 l_1$$

$$l_1 = \frac{18,4 - 14}{0,0106} = 415 \tilde{i}$$

$$l_2 = 1000 - 415 = 585 \tilde{i}$$

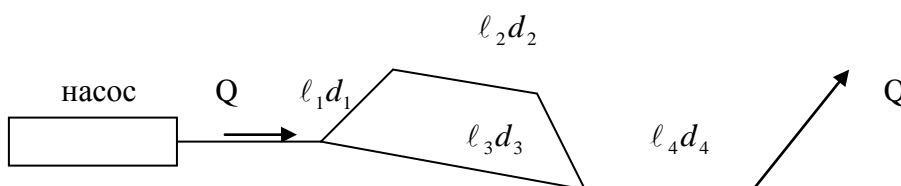


Сложный трубопровод – имеет системы труб с одним или несколькими ответвлениями, параллельными ветвями или кольцевые.

При гидравлическом расчёте используют уравнение Бернулли, уравнение постоянства расхода, уравнение Дарси – Вейсбаха. Исходными данными для расчёта являются длины  $l_1, l_2, l_3$  отдельных участков сети, диаметры  $d_1, d_2, d_3$  труб на этих участках, топографические отметки местности в узловых пунктах  $A$  и  $B$ .

### Пример № 8

Стальной трубопровод имеет параллельное ответвление. Длины участков трубопровода  $l_1 = 200\text{ м}$ ;  $l_2 = 200\text{ м}$ ;  $l_3 = 150\text{ м}$ ;  $l_4 = 300\text{ м}$ ; диаметры участков  $d_1 = d_4 = 300\text{ мм}$ ;  $d_2 = 250\text{ мм}$ ;  $d_3 = 200\text{ мм}$ . Определить давление, создаваемые насосом для подачи по трубопроводу воды с расходом  $Q = 75\text{ л/с}$  при отметке оси насоса  $Z_{\text{нас}} = 5\text{ м}$  в конце трубопровода  $H_k = 20\text{ м}$ .



### Решение

Определяем расходы в параллельных участках трубопровода, принимая в первом приближении удельные сопротивления  $S_0$  по (табл. 5.1) при скорости движения воды  $\sigma \geq 1,2\text{ м/с}$  и решаем систему уравнений.

$$Q_2 = Q_3 \sqrt{\frac{S_{03} \cdot l_3}{S_{02} \cdot l_2}} = Q_3 \sqrt{\frac{6,96 \cdot 150}{2,19 \cdot 200}} = 1,54 Q_3$$

$$Q = Q_3 + Q_2$$

или

$$75 = Q_3 + 1,54 Q_3 = 2,54 Q_3$$

отсюда

$$Q_3 = 29,5\text{ л/с} \quad \text{и} \quad Q_2 = 75 - 29,5 = 45,5\text{ л/с}$$

Уточняем скорости движения воды на параллельных участках и удельные сопротивления, учитывая поправочный коэффициент  $\Theta$  и значения внутренних диаметров труб (табл. 5.1)

$$\sigma_2 = \frac{4Q_2}{\pi d_{\text{вн}2}^2} = \frac{4 \cdot 0,0455}{3,14 \cdot 0,26^2} = 0,86\text{ м/с}$$

$$(S_{02} = \Theta_2 S_{\text{вн}2} = 1,05 \cdot 2,19 = 2,3\text{ м}^5/\text{с}^6)$$

$$\sigma_3 = \frac{4Q_3}{\pi d_{\text{вн}3}^2} = \frac{4 \cdot 0,0295}{3,14 \cdot 0,209^2} = 0,86\text{ м/с}$$

$$(S_{03} = \Theta_3 S_{\text{вн}3} = 1,05 \cdot 6,96 = 7,3\text{ м}^5/\text{с}^6)$$

Далее определяем скорости и удельные сопротивления на первом и четвертом участках трубопровода.

$$\sigma_1 = \sigma_4 = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 0,075}{3,14 \cdot 0,311} = 0,99 \text{ м} / \text{с}$$

$$S_{01-4} = \Theta_4 S_{i\hat{e}\hat{a}4} = 1,03 = 0,85 = 0,88 \tilde{n}^2 / \text{с}^6$$

Определяем напор, создаваемый насосом

$$\begin{aligned} \hat{I}_{i\hat{a}\tilde{n}} &= \hat{I}_{\hat{e}} - Z_{i\hat{a}\tilde{n}} + \sum S_0 Q^2 \ell_4 + S_{02} \cdot Q_2^2 \cdot \ell_2 + S_{01} \cdot Q_1^2 \cdot \ell_1 = \\ &= 20 - 5 + 0,88 \cdot 0,075^2 \cdot 300 + 2,3 \cdot 0,0455^2 \cdot 200 + 0,88 \cdot 0,075^2 \cdot 200 = 18,43 \text{ м} \end{aligned}$$

Определяем давление, создаваемое насосом

$$D_{i\hat{a}\tilde{n}} = \rho g \cdot \hat{I}_{i\hat{a}\tilde{n}} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 18,43 = 0,181 \text{ МПа}$$

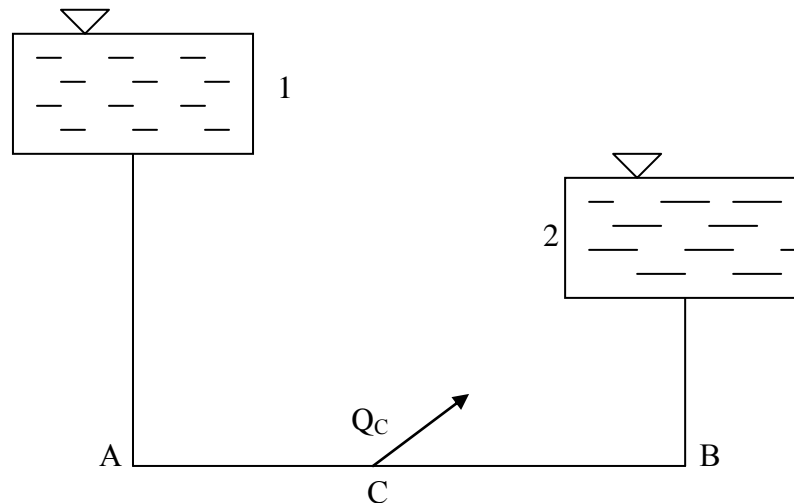
### Пример № 9

Вода подается в точку *C* из двух резервуаров 1 и 2 по стальным, водоводам.

Пьезометрический напор в точке *B*  $H_B = 16 \text{ м}$ , в точке *C*  $H_C = 10 \text{ м}$ . Расход в точке *C*

$Q_C = 0,03 \text{ м}^3/\text{с}$ . Определить необходимый напор в точке *A*, если  $\ell_{\hat{A}\tilde{N}} = 600 \text{ м}$ ,

$d_{AC} = 125 \text{ мм}$ ,  $d_{BC} = 150 \text{ мм}$ .



### Решение

Расход в точке *C* будет равен сумме расходов, поступающих из резервуаров 1 и 2

$$Q_C = K_{\hat{A}} \sqrt{\frac{\hat{I}_{\hat{A}} - \hat{I}_{\tilde{N}}}{\ell_{\hat{A}\tilde{N}}}} + \hat{E}_{\hat{A}} \sqrt{\frac{\hat{I}_{\hat{A}} - \hat{I}_{\tilde{N}}}{\ell_{\hat{A}\tilde{N}}}}$$

откуда

$$\hat{E}_{\hat{A}} \sqrt{\frac{\hat{I}_{\hat{A}} - \hat{I}_{\tilde{N}}}{\ell_{\hat{A}\tilde{N}}}} = Q_C - \hat{E}_{\hat{A}} \sqrt{\frac{\hat{I}_{\hat{A}} - \hat{I}_{\tilde{N}}}{\ell_{\hat{A}\tilde{N}}}}$$

или

$$\begin{aligned} \hat{I}_{\hat{A}} &= (Q_C - \hat{E}_{\hat{A}} \sqrt{\frac{\hat{I}_{\hat{A}} - \hat{I}_{\tilde{N}}}{\ell_{\hat{A}\tilde{N}}}})^2 \cdot \ell_{\hat{A}\tilde{N}} + \hat{I}_{\tilde{N}} \\ \hat{I}_{\hat{A}} &= \left( \frac{0,03 - 0,16062 \sqrt{\frac{16 - 10}{600}}}{0,09822} \right)^2 \cdot 800 + 10 = 25,7 \text{ м} \end{aligned}$$

где:  $K_{\hat{A}} = 0,09822 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $K_{\hat{B}} = 0,16062 \text{ м}^3/\text{с}$  – расходные характеристики для труб (шероховатость

$\Delta = 1 \text{ мм}$ ) табл. 8-1.

**Литература:** Л-1 с. 80...90; Л-2 с. 91...108.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Назовите виды трубопроводов. Какое уравнение лежит в основе расчета трубопровода?
2. Какие трубопроводы называются простыми и сложными? Приведите примеры сложных трубопроводов.
3. В чем заключается расчет простого трубопровода?
4. Охарактеризуйте природу гидравлического удара и приведите формулу для определения давления при ударе.
5. Приведите пример полезного использования явления гидравлического удара.

**Раздел II Гидравлические машины**

**2.1. Общие сведения о гидравлических машинах**

**Студент должен иметь представление:** о лопастных и объемных насосах; о турбинах и их классификаций; о гидроприводе.

**знать:** назначение, принцип работы и методы рациональной эксплуатации гидравлических машин.

**уметь:** проводить испытания центробежных насосов и рассчитывать их параметры.

Насосы, их классификация и область применения. Параметры, характеризующие работу насосов. Центробежные насосы, их назначение, устройство, принцип действия, область применения. Рабочие характеристики центробежного насоса. Объемные насосы.

Гидродвигатели (активные и реактивные турбины), их конструктивные схемы и принцип работы. Гидропривод – классификация и область применения. Вентиляторы, их устройство и назначение.

**Литература:** Л-1 с. 100...123; Л-2 с. 109...159

**Пример 10:** Определить требуемую мощность при напоре  $H = 12$  м, подаче  $Q = 2,5$  л/с, КПД насоса  $\eta = 0,7$ .

**Решение:** Теоретически требуемая мощность при заданном напоре и подаче.

$$N_T = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H = 1000 \cdot 9,81 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 12 = 294,3 \text{ Вт} = 0,294 \text{ кВт}$$

Действительная мощность с учетом потерь в насосе

$$N = \frac{N_T}{\eta} = \frac{0,294}{0,7} = 0,420 \text{ кВт}$$

**Пример 11:** Определить требуемый напор насоса для подъема воды на высоту  $h = 10$  м, преодолев сопротивление трубопровода  $h_w$  продвижению воды на длине  $\ell = 500$  м. Кроме того, необходимо обеспечить определенную скорость излива (свободный напор  $h_{св} = 4$  м). Местное сопротивление  $n = 1$ , поворот на  $90^\circ$  - сопротивление  $\xi = 1,1$ .

**Решение:**

Напор насоса  $H = h + h_w + h_{св}$

По формуле Дарси – Вейсбаха

$$h_1 = \lambda \cdot \frac{\ell}{d} \cdot \frac{V^2}{2g} = 0,02 \cdot \frac{500}{50 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{0,5^2}{2 \cdot 9,81} = 2,548 \text{ м}$$

Местные сопротивления определяем по формуле Вейсбаха:

$$h_m = n \cdot \xi \cdot \frac{V^2}{2g} = 1 \cdot 1,1 \cdot \frac{0,5^2}{2 \cdot 9,81} = 0,014 \text{ м}$$

тогда  $h_w = 2,548 + 0,014 = 2,56 \text{ м}$

Напор насоса  $H = 10 + 2,56 + 4 = 16,56 \text{ м}$

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Что называют гидравлическими машинами?

2. Перечислите основные показатели насосов.
3. Какие насосы относятся к лопастным, а какие к объемным?
4. Какие устройства называют насосами трения?
5. Что называется гидроцилиндром?
6. Для чего служит гидродвигатель?
7. Что называют вентилятором?
8. Какие конструкции вентиляторов Вы знаете?

**Задание.** Выполните практическую работу. На Вашем сельскохозяйственном объекте, молочно – товарной ферме или ремонтной мастерской изучите центробежные насосы. Для этого можно использовать нижеприведенную инструкционно – технологическую карту.

### **Инструкционно – технологическая карта**

**Наименование работы.** Центробежные насосы.

**Цель работы.** Изучить устройство, принцип работы, характеристики, монтаж.

**Норма времени:** 2 часа.

**Литература:** Л -2.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Что называют, гидравлическими машинами?
2. Перечислите основные показатели насосов
3. Какие насосы относятся к лопастным, а какие к объемным?
4. Что называют гидродвигателем и как они классифицируются?
5. Что такое гидропривод?
6. Что называют вентилятором?
7. Какие конструкции вентиляторов Вы знаете?

**Задание:** на практическую работу

### **Методические указания**

Основным рабочим органом центробежного насоса являются свободно вращающееся внутри корпуса рабочее колесо, насаженное на вал. Рабочее колесо состоит из двух дисков (переднего и заднего), соединенных в единую конструкцию лопастями. Лопасти отогнуты плавно в сторону, противоположную направлению вращения рабочего колеса. Передний диск имеет отверстие для подвода жидкости, а задний – втулку для крепления колеса на валу. Поток входит в насос в осевом направлении, а выходит в радиальном. На входе крепится к корпусу всасывающий патрубок, а на выходе – нагнетательный. Всасывающий трубопровод и корпус насоса перед запуском в работу должны быть заполнены водой. Принцип действия насоса в том, что при вращении колеса на каждый объем жидкости действует сила центробежная инерции.

$$F = m\omega^2 r$$

где:  $\omega$  - угловая скорость вращения колеса.

Под действием центробежной силы вода выбрасывается из рабочего колеса, в результате чего в центре создается разрежение, а в периферийной его части – повышение давления. Под действием атмосферного давления, действующего на свободную поверхность, вода непрерывно поступает в насос. С рабочего колеса в спиральный корпус, в напорный патрубок и в трубопровод.

**Задание:**

1. Изучить конструкцию насоса.
2. Изучить схему установки насоса.
3. Освоить запуск насоса в работу.
4. Изучить технические характеристики насоса и его маркировку.

### **Задание для отчета:**

1. Описать принцип работы центробежного насоса.
2. Выполнить схемы установки насоса.

3. Дать технические характеристики насоса.
4. Расшифровать маркировку насосов.
5. Указать, где применяются центробежные насосы.

**Контрольные вопросы:**

1. Какие достоинства центробежных насосов?
2. Как маркируют центробежные насосы
3. Расшифровать марку центробежного насоса?
4. Как запустить в работу центробежный насос?

**2.2. Объемные насосы**

**Студент должен иметь представление:** об объемных насосах

**знать:** устройство, классификацию, принцип работы поршневых насосов.

**уметь:** проводить испытания объемных насосов

Общая классификация и применение объемных насосов. Устройство, классификация, принцип работы поршневого насоса. Основные параметры насоса. Конструкции, принцип действия, технические характеристики, достоинства и недостатки роторно-поршневых и роторных насосов.

**Литература:** Л-1, с. 112...119; Л-2, с. 110...119, с. 120...130.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Какие типы поршневых насосов Вы знаете?
2. Объясните устройство и принцип работы поршневого - кривошипного насоса.
3. Какими основными параметрами характеризуется работа поршневого насоса?
4. Как различаются поршневые насосы по характеру движения ведущего звена и по виду вытеснителей?
5. Устройство, принцип работы шестеренных, винтовых, пластинчатых, роторно – поршневых насосов.

**Контрольная работа**

В контрольной работе необходимо выполнить четыре задачи по основам гидравлики и гидравлическим машинам и ответить на три теоретических вопроса (41...75). Согласно Вашему варианту. Ответы на теоретические вопросы дополните при необходимости схемами, рисунками, графиками, диаграммами. Обязательно укажите использованную литературу. Контрольная работа выполняется в объеме ученической тетради.

Таблица распределения задач и вопросов контрольной работы по вариантам

таблица 1.

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	1;11; 21;31; 41;51; 71	2;12; 22;32; 42;52; 70	3;13; 23;33; 43;53; 73	4;14; 24;34; 44;54; 72	5;15; 25;35; 45;55; 69	6;16; 26;36; 46;56; 68	7;17; 27;37; 47;57; 67	8;18; 28;38; 48;58; 68	9;19; 29;39; 49;59; 66	10;20; 30;40; 50;60; 74
1	2;13; 24;35; 41;61; 71	3;14; 25;36; 47;62; 72	4;15; 26;37; 48;63; 73	5;16; 27;38; 49;64; 74	6;17; 28;39; 50;65; 70	7;18; 29;40; 46;66; 72	8;17; 30;31; 42;67; 71	9;20; 21;32; 43;68; 75	10;11; 22;33; 44;60; 69	1;12; 23;34; 45;59; 75
2	3;15; 27;39; 43;50; 65	4;16; 28;40; 44;51; 66	5;17; 29;31; 45;52; 67	6;18; 30;32; 46;53; 68	7;19; 21;33; 47;54; 69	8;20; 22;34; 41;55; 70	9;11; 23;35; 42;56; 71	10;19; 24;36; 43;57; 72	1;10; 25;37; 44;58; 73	2;11; 26;38; 45;59; 74
3	4;17; 30;33; 49;60; 75	5;18; 21;34; 50;61; 74	6;19; 22;40; 51;62; 73	7;20; 23;36; 52;63; 72	8;13; 24;37; 53;64; 71	9;14; 25;38; 54;65; 67	10;15; 26;39; 41;55; 66	11;16; 27;35; 43;56; 70	2;17; 28;31; 42;57; 75	3;18; 29;32; 44;58; 69
4	5;19; 23;37; 40;50; 70	6;20; 24;38; 41;51; 71	7;11; 25;39; 42;52; 72	8;19; 26;40; 43;53; 73	9; 18; 27;31; 44;55; 74	10;17; 28;32; 45;56; 75	1;14; 29;33; 46;57; 66	2;15; 30;34; 47;58; 67	3;12; 21;35; 48;59; 68	4;13; 22;36; 49;60; 69
5	6;12; 26;38; 50;61; 71	7;12; 27;39; 51;62; 72	8;15; 28;40; 52;63; 73	9;15; 29;31; 53;64; 74	10;14; 30;32; 54;65; 75	1;13; 21;33; 41;55; 66	2;14; 22;34; 42;56; 67	3;11; 23;35; 43;57; 68	4;20; 24;36; 44;58; 69	5;11; 25;37; 45;59; 70
6	7;14; 29;32; 42;52; 72	8;15; 30;33; 43;53; 73	9;16; 21;34; 44;54; 74	10;17; 22;35; 45;55; 75	1;18; 23;36; 46;56; 72	2;19; 24;37; 47;57; 71	3;20; 25;38; 48;58; 70	4;19; 26;39; 49;59; 69	5;12; 27;40; 50;60; 65	6;15; 28;31; 51;61; 66
7	8;16; 22;34; 44;51; 66	9;20; 23;35; 45;52; 67	10;19; 24;32; 46;53; 68	1;15; 25;31; 47;54; 69	2;16; 26;38; 48;55; 70	3;17; 27;39; 49;56; 71	4;18; 28;40; 42;57; 73	5;20; 30;37; 43;58; 74	6;19; 29;30; 44;59; 75	7;16; 21;33; 45;60; 66
8	9;17; 25;40; 45;55; 75	10;16; 26;31; 46;56; 74	1;17; 27;32; 47;57; 73	2;18; 28;33; 48;58; 72	3;16; 29;34; 49;59; 69	4;12; 30;35; 50;60; 70	5;13; 21;36; 51;61; 71	6;14; 22;37; 52;62; 69	7;13; 23;38; 53;63; 68	8;11; 24;39; 54;64; 67
9	10;20; 28;36; 41;51; 66	1;19; 29;37; 42;52; 67	2;20; 30;38; 43;53; 68	3;19; 21;39; 44;54; 69	4;11; 22;40; 45;55; 70	5;14; 23;31; 46;56; 71	6;13; 24;32; 47;57; 72	7;15; 25;33; 48;58; 73	8;12; 26;34; 49;59; 74	9;12; 27;35; 50;60; 75

### Задачи 1...10

Ванна прямоугольной формы заполнена водой до верхнего края. Высота ванны  $h$  9м0, ширина  $b$  (м), длина  $\ell$  (м). Плотность воды принять  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ . Поверхностное давление принять равным атмосферному  $P_0 = P_{\text{атм}} = 0,101325 \text{ МПа}$ . Требуется определить давление воды на дно резервуара, полную силу давления на боковую стенку, положение центра давления и построить эпюру гидростатического давления. Принять  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ . Показать на схеме центр давления.

Данные к задачам 1...10

Величины	Номера задач									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$h, \text{ м}$	1,6	2,1	1,2	1,4	1,5	1,9	2,0	2,2	2,4	1,3
$b, \text{ м}$	2,1	2,5	2,3	2,4	2,2	2,6	2,0	2,7	2,8	3,0
$\ell, \text{ м}$	2,1	2,5	2,3	2,4	2,2	2,6	2,0	2,7	2,8	3,0

**Примечание:** При решении задачи, построение эпюры смотрите примеры 2,3 на с... к теме 1.3 «Силы, действующие в жидкостях».

### Задачи 11...20

Вода, протекает по водомеру Ветури, (рис. 2 с. ), состоящему из трубы диаметром  $D_1$ , в которую вставлен участок трубы диаметром  $D_2$ . Пренебрегая сопротивлениями  $h_w = 0$ , определить расход воды и скорость воды в трубе диаметром  $D_2$ . Показания пьезометров  $P_1 = 0,45$ ,  $P_2 = 0,2 \text{ м}$ .

Данные к задачам 11...20

Таблица 3

Величины	Номера задач									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$D_1, \text{ мм}$	200	250	175	20	300	250	200	300	300	175
$D_2, \text{ мм}$	100	125	100	150	200	150	100	200	250	125

Примечание: При решении задачи смотрите указания к примеру 4 на стр. к теме 1.4.  
«Общие законы и уравнения статики и динамики жидкостей и газов»

#### Задачи 21...30

Определить диаметр трубопровода для расхода  $Q$ , от водонапорной башни  $B$  до предприятия  $A$  (рис. 3) при длине стального трубопровода  $\ell$  отметке уровня воды в башне  $H_B$ , геодезической отметке в конце трубопровода  $Z_A$  и свободном напоре  $H_{св} \geq \dots$

#### Данные к задачам 21...30

Таблица 4

Величины	Номера задач									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$Q, \text{ л/с}$	18	17	16	14	15	16	17	18	19	20
$\ell, \text{ м}$	1000	900	800	750	1100	1200	1300	1100	900	1000
$H_B, \text{ м}$	25	26	27	28	29	30	25	26	28	29
$Z_A, \text{ м}$	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,0	2,2	2,5
$H_{св}, \text{ м}$	10	11	12	13	14	15	16	13	14	15

Примечание: При решении задачи смотрите пример 7 к теме 1.8 «Движение жидкости в напорных трубопроводах» с.....

#### Задачи 31...40

Требуется подать воду на высоту  $h$  по водопроводу диаметром  $d$  и длиной  $\ell$ . Необходимо обеспечить при отборе воды свободный напор  $h_{св} = 4\text{ м}$ . На трубопроводе имеется одна задвижка коэффициентом местного сопротивления  $\xi_1 = 0,44$  с высотой перекрытия  $a/d = 0,3$  и три резких поворота на  $90^\circ$  с  $\xi_2 = 1,1$ . Скорость движения воды  $V$ .

Коэффициент гидравлического трения по длине  $\lambda = 0,25$ .

Определить полный напор насоса  $H$  и требуемую мощность электродвигателя насоса, если КПД насоса 0,65, подача  $Q$ .

#### Данные к задачам 31...40

Таблица 5

Величины	Номера задач									
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
$Q, \text{ л/с}$	4,4	3	5,8	3,8	5,6	6,0	5,0	2,6	3,5	2,8
$h, \text{ м}$	15	14	17	18	13	12	16	19	18	14
$\ell, \text{ м}$	300	400	500	600	700	800	900	850	750	650
$d, \text{ мм}$	75	80	75	100	75	100	80	75	80	100
$V, \text{ м/с}$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,75	0,63	0,54	0,82

Примечание: При решении задачи смотрите пример 9; 10 к теме 2.1. «Общие сведения о гидравлических машинах»

#### Вопросы контрольной работы

- История развития гидравлики
- Физические свойства жидкостей и газов
- Основные силы, действующие в жидкостях. Понятие о давлении жидкостей.
- Гидростатика. Гидростатическое давление, его свойства.
- Основное уравнение гидростатики. Понятие пьезометрической высоты, нивелирной и гидростатического напора.
- Что называется вязкостью? Какими параметрами характеризуется вязкость жидкости? Как зависит вязкость, от температуры и давления?
- В чем состоит отличие идеальных, реальных и аномальных жидкостей?



48. Поясните физический смысл закона Паскаля. Приведите примеры его практического применения.
49. Сила давления жидкости на плоскую стенку.
50. Сила давления жидкости на криволинейную поверхность.
51. Закон Архимеда. Условия плавания тел. Поясните понятие «стойчивость» плавающего тела.
52. Какие приборы называют манометрами, вакуумметрами, что они измеряют и чем отличаются? Как и каким прибором измеряют разность давлений в двух различных точках жидкости.
53. По какой формуле определяется давление жидкости на горизонтальное дно сосуда? В чем сущность «гидростатического парадокса»?
54. Что называется полем скоростей и полем давлений? Дать определение и привести примеры основных видов движения жидкости: установившегося и неустановившегося, равномерного и неравномерного, напорного и безнапорного.
55. Гидравлические прессы. Их устройство, принцип действия и область применения.
56. Гидравлический аккумулятор. Назначение, устройство, принцип действия.
57. Что изучает гидродинамика? Назовите основные параметры движущейся жидкости.
58. Сформулируйте понятия линии тока, элементарной струйки, трубки тока и потока жидкости.
59. Уравнение неразрывности потока. Уравнение постоянства потока.
60. Уравнение Бернулли и его геометрический и энергетический смысл для элементарной струйки и целого потока идеальной и реальной жидкости.
61. Дайте характеристику ламинарного и турбулентного режима движения жидкости. Критерий Рейнольдса.
62. Уравнение Дарси – Вейсбаха для потерь напора на трение по длине потока и объяснить его смысл.
63. Использование законов истечения жидкости из отверстий и насадков в технике.
64. В чем смысл состоит явления гидравлического удара в трубах и какие могут быть меры ослабления его действия.
65. Охарактеризуйте сифонный трубопровод и особенности его расчета.
66. Классификация гидравлических машин и области их применения.
67. Принцип действия винтового, шестеренного, роторно-поршневого насосов.
68. Осевые насосы: их конструктивные особенности, технические характеристики, область применения.
69. Основные типы гидравлических турбин и области их применения. Что называют рабочим процессом турбины?
70. Принципиальные схемы и конструкции объемных гидроприводов.
71. Устройство, принцип работы и основные параметры гидродинамических передач.
72. Устройство, принцип действия и рабочие характеристики гидродинамических муфт.
73. Устройство, принцип действия и рабочие характеристики гидродинамических трансформаторов.
74. Струйные насосы, принцип их работы и область применения.
75. Вентиляторы. Назначение, устройство, принцип работы.