Федеральное агентство по образованию

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ГОУ ВПО «АмГУ»

УТВЕРЖДАЮ

Зав.кафедрой энергетики

_____Н.В. Савина

«_____»_____2007г.

ГИДРАВЛИКА

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ДИСЦИПЛИНЕ

для специальности 280101 – «Безопасность жизнедеятельности в техносфере»

Составитель: ст. преп. Храмцова Н.Н.

Благовещенск

2007 г.

Печатается по решению

редакционно-издательского совета

энергетического факультета

Амурского государственного

университета

Храмцова Н.Н..

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Гидравлика» для студентов специальности 280101 – «Безопасность жизнедеятельности в техносфере». - Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2007. – 47 с.

Учебно-методические рекомендации ориентированы на оказание помощи студентам очной и заочной форм обучения 330100 – «Безопасность жизнедеятельности в техносфере» для формирования знаний о закономерностях движения сплошных деформируемых сред при выполнении газодинамических и тепловых расчетов оборудования и измерительных систем тепловых и атомных станций, приобретение навыков расчетного и экспериментального исследования жидкостей и газов посредством физического и математического моделирования.

©Храмцова Надежда Николаевна

©Амурский государственный университет, 2007

Учебно-методический комплекс дисциплины

Аннотация 3

1. Цели и задачи дисциплины, ее связь с другими курсами специальности 4
2. Краткий конспект лекций 6
3. Практические занятия
   - 3.1. Методические рекомендации по проведению практических занятий 18
   - 3.2. Перечень тем практических занятий (с указанием объема в часах) 19
   - 3.3. Задачи для проведения практических занятий 19
   - 3.4. План проведения практических занятий 29
4. Лабораторные работы
   - 4.1. Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий34
   - 4.2. Перечень тем лабораторных занятий (с указанием объема в часах) 35
   - 4.3. Методические указания по выполнению лабораторных работ 35
5. Самостоятельная работа студентов
   - 5.1. Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы 36
   - 5.2. График самостоятельной работы студентов 36
   - 5.3. Методические указания по выполнению расчетно-графической работы 37
   - 5.4. Комплекты заданий для проверочных работ 38
6. Материалы по контролю качества образования
   - 6.1. Методические указания по организации контроля знаний студентов 39
   - 6.2. Критерии оценки знаний студентов 40
   - 6.3. Фонды тестовых заданий 41
7. Список рекомендуемой литературы 47

АННОТАЦИЯ

Государственный образовательный стандарт подготовки инженера по специальности 330100 – «Безопасность жизнедеятельности в техносфере» включает изучение дисциплины «Гидравлика» в разделе ОПД.Ф.04.

Согласно учебному плану специальности данная дисциплина изучается на втором курсе обучения (четвертый семестр), предусмотрены следующие виды занятий и формы контроля

Наименование	Всего часов
Лекции	36
Практические занятия	18
Лабораторные занятия	18
Самостоятельная работа	47
Курсовая работа	-
Вид итогового контроля	экзамен
Общая трудоемкость дисциплины	119

Учебно-методический комплекс дисциплины «Гидравлика» включает в себя:

1. Рабочую учебную программу дисциплины «Гидравлика» (Амурский государственный университет, кафедра «Энергетика», 2006. Автор – ст. преподаватель каф. «Энергетика» Гриценко М.В., ассистент каф. «Энергетика» Храмцова Н.Н.);
2. Настоящий учебно-методический комплекс.

В настоящем учебно-методическом комплексе приведен краткий конспект лекций (с указанием тем для самостоятельного изучения и вопросов для самопроверки), методические рекомендации и методические указания по проведению практических и лабораторных занятий, график самостоятельной работы и методические указания по выполнению, комплекты заданий для домашних расчетных и контрольных работ, а также материалы по контролю качества образования (методические указания по организации контроля знаний студентов, критерии оценки знаний студентов и фонды тестовых заданий).

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЕ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

1.1. Цель преподавания дисциплины

Предметом изучения дисциплины «Гидравлика» являются физические свойства жидкостей и газов, законы, которым подчиняются покоящиеся и движущиеся жидкости и газы, а также использование этих законов для расчета практических задач.

Целью дисциплины является изучение закономерностей движения сплошных деформируемых сред при выполнении газодинамических расчетов оборудования и измерительных систем, приобретение навыков расчетного и экспериментального исследования жидкостей посредством физического и математического моделирования.

1.2. Задачи изучения дисциплины

Задачей изучения дисциплины является обеспечение знаний студентов в области гидравлики, развитие навыков и умения творческого использования элементов гидродинамического расчета при решении конкретных задач в области современного производства и технических систем.

В результате изучения дисциплины студенты должны знать:

- физические свойства жидкостей и газов;
- общие закономерности и уравнения статики, кинематики и динамики жидкости.

Уметь:

- применять уравнения и справочную литературу для гидродинамического и гидромеханического расчета оборудования;
- рассчитывать гидродинамические параметры движущейся среды.

Знания и умения, полученные в курсе, используются при изучении специальных дисциплин «Природопользование», «Экспертиза проектов», «Системы защиты среды обитания».

1.3. Перечень дисциплин, освоение которых необходимо при изучении данной дисциплины

Математика: дифференциальное и интегральное исчисления; дифференциальные уравнения; основы вычислительного эксперимента; уравнения математической физики.

Физика: физические основы механики.

Теоретическая механика: основные понятия динамики; дифференциальные уравнения движения.

2. КРАТКИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

Тема 1
Вводные сведения.

Основные понятия и определения гидравлики. Методы изучения жидкости. Основные физические свойства жидкости: сжимаемость, текучесть, вязкость, теплоемкость. Модели идеальной (невязкой жидкости) и реальной (вязкой жидкости). Ньютоновские жидкости.

Тема 2
Общие законы и уравнения статики и динамики жидкостей и газов.

Уравнение Эйлера. Напряжение сил вязкости, обобщенная гипотеза Ньютона. Уравнение Навье-Стокса для вязкой жидкости. Анализ уравнений

Тема 3
Гидростатика. Гидростатическое давление.

Силы, действующие в жидкостях (массовые и поверхностные). Абсолютный и относительный покой жидкости. Законы гидростатики: Паскаля и Архимеда. Плавание тел.

Гидростатическое давление в точке, избыточное и вакуумметрическое давление. Свойства гидростатического давления. Основное уравнение гидростатики. Силы давления жидкости на плоскую и криволинейную стенки.

Тема 4
Уравнение баланса количества движения и момента количества движения.

Закон изменения количества движения. Закон изменения момента движения. Силовое воздействие потока на ограничивающие его стенки.

Тема 5
Подобие гидромеханических процессов.

Основные понятия физического подобия. Геометрическое, кинематическое и динамическое подобие потоков жидкости и газа. Идентичность безразмерных форм уравнений движения. Критерии и числа подобия, их роль и физический смысл.

Тема 6
Общее уравнение баланса энергии в интегральной и дифференциальной формах.

Вывод и анализ общего уравнения баланса энергии в интегральной и дифференциальной формах.

Тема 7
Основы кинематики.

Кинематика плоских потенциальных течений. Понятие о линиях и трубках тока, расходе, живом сечении, смоченном периметре, гидравлическом радиусе. Уравнение неразрывности. Вихревое и безвихревое (потенциальное) движения. Установившееся и неустановившееся движение. Напорное и безнапорное движение жидкости, гидравлические струи. Равномерное и неравномерное движение жидкости.

Тема 8
Режимы движения жидкости.

В 1883 г. английский физик Рейнольде с помощью весьма простого и наглядного эксперимента показал, что существуют два существенно отличных друг от друга режима движения жидкости. Установка Рейнольдса состояла из бака, трубы, мерного бачка, сосуда с окрашенной жидкостью и трубки для ввода краски в трубу. Опыты показали, что при малой скорости движения жидкости вводимая в нее окрашенная жидкость движется в виде отчетливо выраженной струйки, не смешиваясь с потоком неокрашенной воды. При возрастании скорости движения жидкости струйка начинает колебаться и принимает волнообразное очертание. Наконец, при каком-то определенном значении скорости окрашенная струйка полностью размывается жидкостью. Жидкость начинает двигаться, перемешиваясь

Режим движения жидкости без перемешивания слоев был назван ламинарным (движение жидкости слоями).

Режим движения жидкости с перемешиванием слоев — турбулентным (беспорядочное движение жидкости). Среднюю скорость течения жидкости, при которой происходит смена режимов движения потока, называют критической.

При проведении опыта в обратном порядке, т. е. при уменьшении скорости движения жидкости, происходил переход турбулентного режима в ламинарный, однако при несколько иной критической скорости. Поэтому необходимо различать две критические скорости: верхнюю и нижнюю критическую.

Верхней (большей) критической скоростью называют скорость, при которой ламинарный режим движения переходит в турбулентный. Нижней (меньшей) критической скоростью называют скорость, при которой турбулентный поток переходит в ламинарный.

Для суждения о характере движения служит безразмерное число Рейнольдса:

$\mathrm{Re} = \upsilon \cdot l / \nu$

где l - характерный линейный размер потока, м;

ν - кинематическая вязкость жидкости, $м^2 / с$

Критерием, определяющим режим потока, служит неравенство

$\mathrm{Re} \geq \mathrm{Re}_{кр}$

где $\mathrm{Re}_{кр}$ - критическое значение числа Рейнольдса.

Для труб круглого сечения число Рейнольдса вычисляют по формуле

$\mathrm{Re} = \upsilon \cdot d / \nu$

Для всех иных поперечных сечений (а также для открытых русел)

$\mathrm{Re} = \upsilon \cdot d_э / \nu$

где $d_э$ – эквивалентный (гидравлический) диаметр.

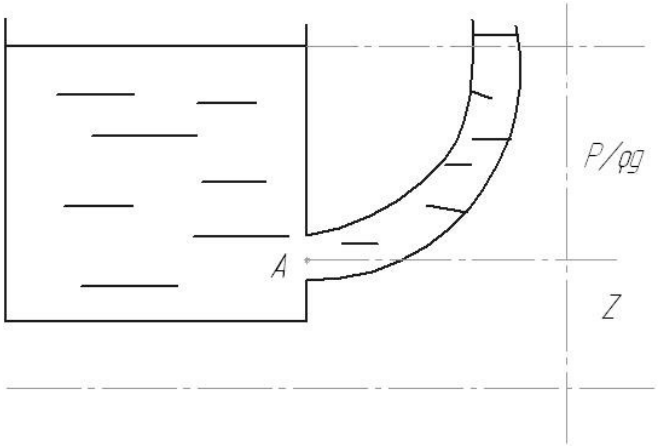
Критическое значение числа Рейнольдса можно считать равным: $\mathrm{Re}_{кр} = 2000 \div 2400$.

Тема 9
Уравнение Бернулли.

Удельная энергия – энергия приходящаяся на единицу силы тяжести

$$e = \frac{E}{G} = \frac{mgh}{ma} = \frac{gh}{a};[M]$$

Удельная энергия положения- числено равна геометрической высоте точки над координатной плоскостью $E_{пол} = GZ, e_{пол} = \frac{GZ}{G} = Z$.



Удельная энергия давления- отношение давления в точке А на удельный вес жидкости, или высота на которой находится столб жидкости в пьезометре.

$$E_{давл} = \frac{GP}{\rho g}, e_{давл} = \frac{P}{\rho g}.$$

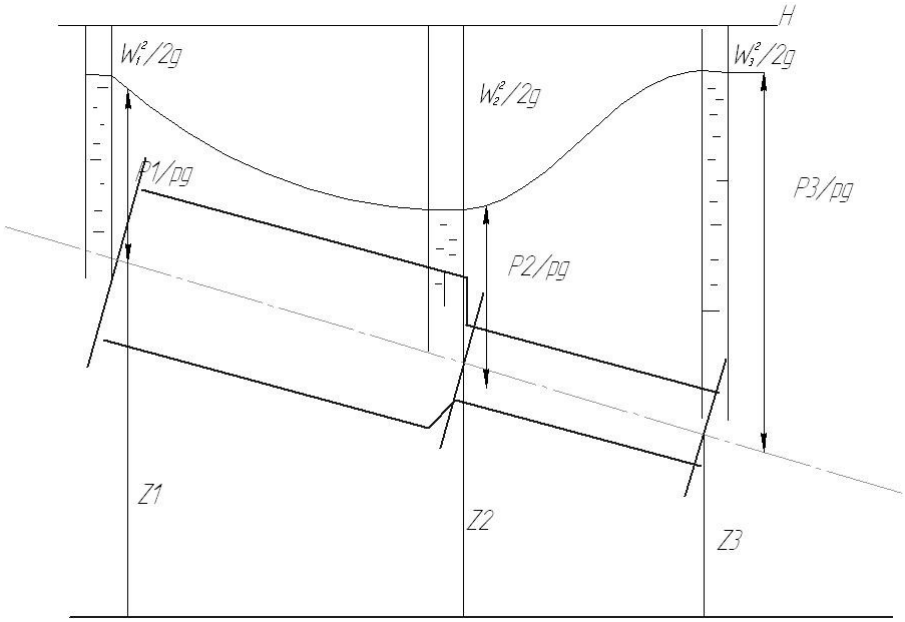
Удельная потенциальная энергия $Z + \frac{P}{\rho g}$.

Удельная кинетическая энергия $E_{КИН} = \frac{mW^2}{2}, e_{КИН} = \frac{E_{КИН}}{G} = \frac{mW^2}{2G}$.

Идеальная жидкость – жидкость в которой отсутствует касательное напряжение или силы вязкости. Жидкость движется в поле сил земного притяжения, нет сил реакции, нет энерго-массообмена с окружающей средой.

Уравнение Бернулли для идеальной жидкости имеет вид:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{W_1}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{W_2}{2g} = const$$



Линия соединяющая пьезометрические высоты называется пьезометрической линией.

С геометрической точки зрения уравнение Бернулли показывает, что для идеальной жидкости сумма трёх высот: геометрических, пьезометрических, скоростных есть величина постоянная вдоль струйки, т.е. линия полного напора является линией параллельной плоскости сравнения. Пьезометрическая линия отделяет область изменения потенциальной энергии от области изменения кинетической энергии.

Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости имеет вид:

$$H_1 = Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \alpha_1 \frac{W_1}{2g}; H_2 = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \alpha_2 \frac{W_2}{2g} + \Sigma h_{ï} ,$$

где α -коэффициент Кориолиса, учитывающий неравномерность распределения скоростей, представляет собой отношение действительной кинетической энергии потока к кинетической энергии вычисленной по средней скорости.

Геометрический смысл: для потока реальной жидкости уравнение Бернулли является уравнением баланса энергии с учётом потерь.

Уменьшение среднего значения полной удельной энергии жидкости вдоль потока отнесённая к единице его длины, называется гидравлическим уклоном. Изменение удельной потенциальной энергии жидкости, отнесённой к единице длинны, называется пьезометрическим уклоном.

Тема 10
Потери напора при движении жидкости.

Гидравлические сопротивления. Местные потери напора. Потери напора по длине. Коэффициент гидравлического трения, его расчет. Основное уравнение равномерного движения. Формулы для определения коэффициента Шези.

Тема 11

Истечение жидкости через отверстия и насадки.

Истечение жидкости через малые отверстия в тонкой стенке и насадки при постоянном напоре. Виды сжатия струи. Виды насадков. Коэффициенты расхода, скорости, сжатия струи. Истечения через отверстия, насадки при переменном напоре.

Тема 12

Классификация трубопроводов и их гидравлический расчет.

Классификация трубопроводов:

1) магистральные – трубопроводы подающие жидкость от источника до потребителя на большие расстояния.
2) разветвлённые сети труб – трубопр. Обеспечивающие распределение жидкости потребителям.
3) простые трубопроводы – состоящие из одной линии труб и проводящие один и тот же расход жидкости.
4) сложные трубопроводы – состоят из основной магистральной трубы и ряда присоединений или ответвлений.
5) короткие трубопроводы – малой длины с большим числом местных сопротивлений.
6) длинные – трубопроводы в которых местные потери напора пренебрежимо малы по сравнению с потерями напора по длине.

<u>Основные расчетные зависимости для длинных трубопроводов</u>

Если влияние местных потерь напора в трубопроводе невелико и ими можно пренебречь, принимая приближенно $h_{пот} = h_{Л}$, то расчет таких трубопроводов (так называемых длинных трубопроводов) заметно упрощается.

Потери напора в длинных трубопроводах определяются по формуле Дарси- Вейсбаха

$$h_{Л} = \lambda \cdot \frac{l \cdot v^2}{2 \cdot d \cdot g}$$, которая преобразуется в одно из следующих выражений:

$$h_{Л} = \frac{Q^2}{K^2} \cdot l = i \cdot l$$

$$h_{Л} = A \cdot l \cdot Q^2$$

$$h_{Л} = s \cdot Q^2$$

где λ - коэффициент гидравлического трения;

l - длина расчетного участка трубы;

υ - средняя скорость;

d - диаметр трубы;

Q - расход;

i - гидравлический уклон;

K - расходная характеристика (модуль расхода), $м^3/кг$:

$$K = \sqrt{\frac{g \cdot \pi^2 \cdot d^5}{8 \cdot \lambda}}$$

A - удельное сопротивление трубопровода, $с^2м^{-6}$

$$A = \frac{8 \cdot \lambda}{g \cdot \lambda^2 \cdot d^5} = \frac{1}{K^2}; \quad K = \frac{1}{\sqrt{A}};$$

s - сопротивление трубопровода (полное), $с^2м^{-5}$:

$$s = A \cdot l = \frac{8 \cdot \lambda \cdot l}{g \cdot \pi^2 \cdot d^5} = \frac{l}{K^2}$$

Для длинных трубопроводов можно также принимать

$$\frac{\upsilon^2}{2 \cdot g} = h_Л$$

где υ - средняя скорость течения в трубопроводе на рассматриваемом участке;

$h_Л$ - потери напора на трение на этом участке.

Уравнение Бернулли, записанное для двух сечений длинного трубопровода получает вид

$$H \approx h_Л$$

где H – напор, т.е. разность пьезометрических высот в рассматриваемых сечениях:

$$H = \left(z_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g}\right) - \left(z_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g}\right)$$

Следовательно, в уравнениях вместо $h_Л$ для длинных трубопроводов можно принимать H, т.е. считать

$$H = \frac{Q^2}{K^2} \cdot l = A \cdot l \cdot Q^2 = s \cdot Q^2$$

Обобщенные гидравлические параметры K и A зависят только от диаметра трубы и коэффициента гидравлического трения λ, а параметр s ещё и от длины трубы.

Частные случаи расчета длинных трубопроводов

Гидравлический расчет трубопроводов состоит в определении одной из трёх величин: расхода, напора или площади сечения по двум заданным величинам (три основные задачи расчета трубопроводов).

Простой трубопровод- трубопровод постоянного по всей длине диаметра, не имеющей ответвлений,- рассчитывают с помощью основной зависимости

$$Q = K\sqrt{i} = K\sqrt{H/l} = \sqrt{H/s} = \sqrt{i/A}$$

(значения K, A и s находят из таблиц).

Полную потерю напора в системе при последовательном соединении простых трубопроводов определяют по формуле

$$H = Q^2 \left(\frac{l_i}{K_i^2} = Q^2 \right(s_i = Q^2 \left(A_i l_i \right.$$

где l_i, K_i, s_i –длины, модули расхода и сопротивления отдельных участков.

Потери напора на каждом из участков вычисляют по формуле

$$H_i = \frac{l_i}{K_i^2} = Q^2 s_i = Q^2 A_i l_i$$

При параллельном соединении простых трубопроводов потери напора в отдельных ветвях разветвления равны, т.е.

$$H_1 = H_2 = H_3 = H_i$$

Расходы распределяются по отдельным ветвям в соответствии с зависимостью

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{K_1}{K_2}\sqrt{\frac{l_2}{l_1}} = \sqrt{\frac{s_2}{s_1}} = \sqrt{\frac{A_2 l_2}{A_1 l_1}}$$

При непрерывной раздаче жидкости по пути, т.е. в тех случаях, когда жидкость из трубопровода расходуется во многих точках его (например, у каждого дома), потерю напора определяют по формуле

$$H = \frac{Q_0^2}{3K^2} l = \frac{s Q_0^2}{3} = A l \frac{Q_0^2}{3}$$

где Q_0 – начальный расход, непрерывно и равномерно расходуемый по длине трубы.

Если часть расхода по трубе проходит транзитом $Q_{тр}$, а часть расходуется непрерывно и равномерно по длине трубы Q_0, общая потеря напора

$$H = \frac{l}{K^2}\left(Q_A^2 - Q_A Q_0 + \frac{Q_0^2}{3} \right)$$

где Q_A – начальный общий расход в трубе:

$$Q_A = Q_{тр} + Q_0$$

Если трубопроводы работают в области квадратичного закона сопротивления, т.е. $\lambda = f(\mathrm{Re})$, обобщенные гидравлические параметры K, A и s, зависят только от диаметра трубы и шероховатости её стенок и обозначаются $K_{кв}$, $A_{кв}$ и $s_{кв}$.

Расчет коротких трубопроводов

В случае, если местные потери давления составляют более 5 % потерь давления на трение, при расчётах трубопроводов (так называемых коротких трубопроводов) необходимо учитывать местные потери. Тогда суммарные потери давления определяются по формуле

$$\Delta p_{пот} = \Delta p_{Л} + \Delta p_{М} = (\lambda \cdot l / d + \sum \zeta) \cdot \rho \cdot w^2 / 2$$

Формулу можно представить в виде

$$\Delta p_{пот} = \rho \cdot g \cdot A \cdot Q^2 \cdot (l + l_{Э}),$$

где эквивалентная длина вычисляется по формуле

$$l_{Э} = \frac{8}{\pi^2 \cdot g} \cdot \frac{\sum \zeta}{A \cdot d^4} = 0{,}082 \cdot \frac{\sum \zeta}{A \cdot d^4}$$

При квадратичном законе сопротивления принимают $A = A_{кв}$. При неквадратичном законе сопротивления, потери давления определяют по формуле

$$\Delta p_{пот} = \rho \cdot g \cdot A_{кв} \cdot Q^2 \cdot l \cdot (\psi + l_{Э} / l)$$

При расчетах сечения короткого трубопровода в неквадратичной области вначале вычисляют:

$$A = \frac{\Delta p_{пот}}{\rho \cdot g \cdot Q^2 \cdot l}$$

затем - удельные сопротивления в квадратичной области:

$$A_{кв} = \frac{A}{\psi + l_{Э} / l}$$

Из справочников, зная $A_{кв}$, находят диаметр трубопровода.

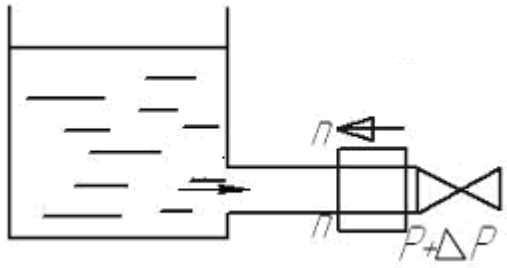
Тема 13

Явление гидравлического удара. Взаимодействие потока жидкости с ограничивающими его стенками.

Гидравлический удар – представляет собой колебательный процесс возникающий в трубопроводе с капельной жидкостью при внезапном изменении скорости её движения. Характеризуется чередованием резких повышений и понижений давления происходящих за достаточно малый промежуток времени. Гидравлический удар – резкое повышение давления возникающее в напорном трубопроводе при внезапном торможении потока жидкости. Возникает в следствие:

1) быстрого открытия или закрытия задвижки
2) внезапной остановки насосов или турбин
3) аварий на трубопроводе (разрыв, нарушение стыков).

Ударная волна явление возникающее в результате гидравлического удара, представляет собой явление резкого повышения давления в следствие сжатия жидкости. Скорость ударной волны – скорость с которой перемещается сечение n-n.



Величину повышения давления при гидравлическом ударе определяют по формуле Н.Е. Жуковского:

$$\Delta p = \rho \cdot a \cdot v$$

где ρ - плотность жидкости;

a - скорость распространения ударной волны;

v - скорость движения жидкости в трубе до закрывания крана.

Скорость распространения ударной волны находят также по формуле Н.Е. Жуковского:

$$a = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \cdot \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{E \cdot d}{E_{тв} \cdot \delta}}}$$

где E - модуль упругости жидкости;

d - диаметр трубы;

$E_{тв}$ - модуль упругости материала стенки трубы;

δ - толщина стенки трубы.

Если считать материал трубы абсолютно неупругим ($E_{тв} = \infty$), то выражение для скорости a принимает вид

$$a = \sqrt{\frac{E_{ж}}{\rho}}$$

и скорость распространения ударной волны в этом случае равняется скорости распространения звука в жидкости. При обычных значениях отношения δ / d значение a может приниматься равным 1200 $м/с$ для стальных труб и 1000 $м/с$ для чугунных труб.

Формула Жуковского действительна в случае, если время закрывания задвижки τ меньше времени, в течение которого ударная волна, сопровождающаяся падением давления, вернется к задвижке, т.е. при условии $\tau < 2 \cdot l / a$. Если $\tau > 2 \cdot l / a$, то давление не достигает максимальной величины, так как частично погашается отраженной волной. В этом случае повышение давления может быть найдено по формуле Мишо:

$$\Delta p = 2 \cdot \rho \cdot l \cdot v / \tau$$

Тема 14
Насосы. Насосные установки.

Насос – гидравлическая машина предназначенная для сообщения жидкости энергии.

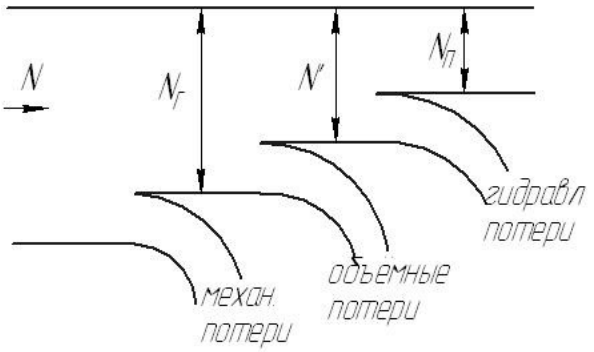
ДИНАМИЧЕСКИЕ – насосы в которых жидкость перемещается под действием гидродинамических сил, причём объём жидкости находящийся внутри насоса постоянно сообщается со входом и выходом насоса (лопастные), в процессе преобразования энергии используется гидродинамический (скоростной) напор.

ОБЪЁМНЫЕ – насосы в которых сообщение энергии жидкости осуществляется периодическим изменением замкнутого объёма, при переменном сообщении его со входом и выходом насоса (поршневые, плунжерные, роторные).

Параметры насосов: подача насоса – расход жидкости через напорный патрубок насоса (Q[м^3/сек.]), напор насоса (Нн=H_2-H_1), мощность (N[Вт]).

$N_{ЗАТ.}$ – энергия подводимая к насосу от двигателя за единицу времени,

$N_П$ – энергия которую преобразует жидкость при прохождении через насос.



$$\eta = \frac{N_{\tilde{A}} N' N_{\ddot{I}}}{N N_{\tilde{A}} N'} = \eta_{\tilde{A}} \eta_0 \eta_{\grave{i}}$$

Механические потери – потери на трение в подшипниках, уплотнениях, валах и трение наружной поверхности рабочего колеса о жидкость. Объёмные потери – потери энергии возникающие в результате утечки жидкости из нагнетательной части насоса во всасывающую. Гидравлические потери – потери энергии на преодоление

Центробежные насосы – это лопастные насосы с движением жидкости через рабочее колесо от центра к периферии.

Классификация:

1)По числу рабочих колёс(одноступенчатые и многоступенчатые),

2)По способу подвода жидкости к рабочему колесу (односторонний и двусторонний подвод),

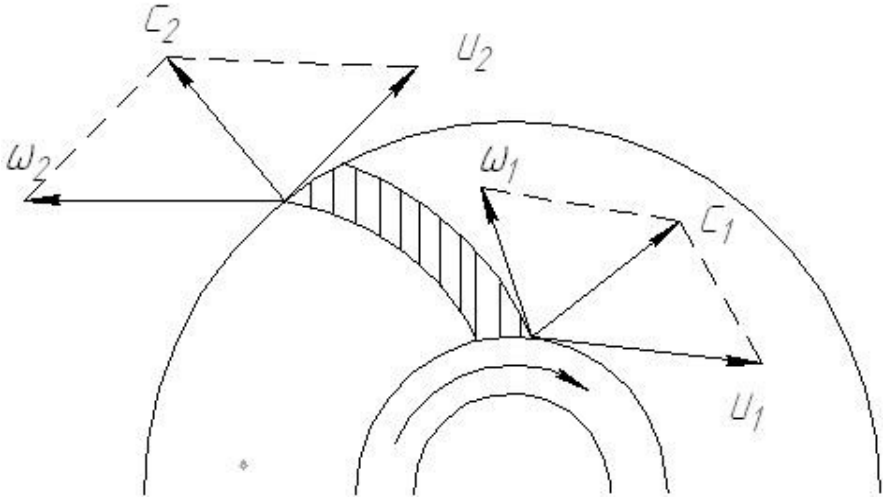
3)По расположению вала (Горизонтальное и вертикальное),

4)По быстроходности рабочего колеса: тихоходные (<20м.), среднеходные(20-60м.), быстроходные (>60м.),

5)По назначению: водопроводные, нефтяные, землесосные.

Виды скоростей движения частиц жидкости в рабочем колесе: 1)Скорость переносного движения. U- направлена по касательной к окружности в сторону вращения рабочего колеса. 2) Скорость относительного движения. ω- скорость

движения частиц жидкости относительно лопаток рабочего колеса – направлена по нормали к лопаткам. 3) Скорость абсолютного движения. С- сумма векторов относительного и переносного.



На выходе из рабочего колеса лопатки по направлению вращения вала могут быть загнуты назад или вперёд, либо оканчиваться радиально. На практике используются насосы с лопатками загнутыми назад т.к. КПД насоса максимально.

Характеристики центробежного насоса: Это зависимость напора, мощности и КПД от напора насоса (H=f(Q),N=f(Q),КПД=f(Q)).

Пересчёт напора и мощности: $Q_2 = Q_1 \frac{n_2}{n_1}$, $N_2 = N_1(\frac{n_2}{n_1})^2$.

Коэффициент быстроходности (n_s) – частота вращения насоса, подобному данному который при напоре 1м. подаёт 0,075 м^3/сек жидкости.

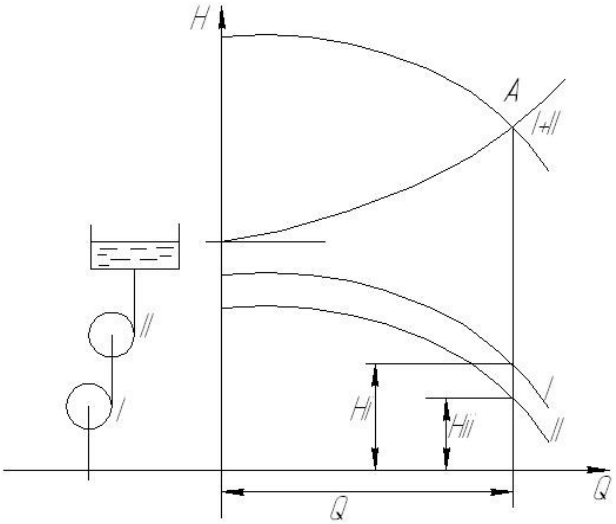
$$n_S = 3{,}65\frac{n\sqrt{Q}}{H^{\frac{3}{4}}},$$

где n- частота вращения рабочего колеса (об/мин), Q- подача насоса (м^3/сек), H- напор насоса в режиме максимального КПД (м.).

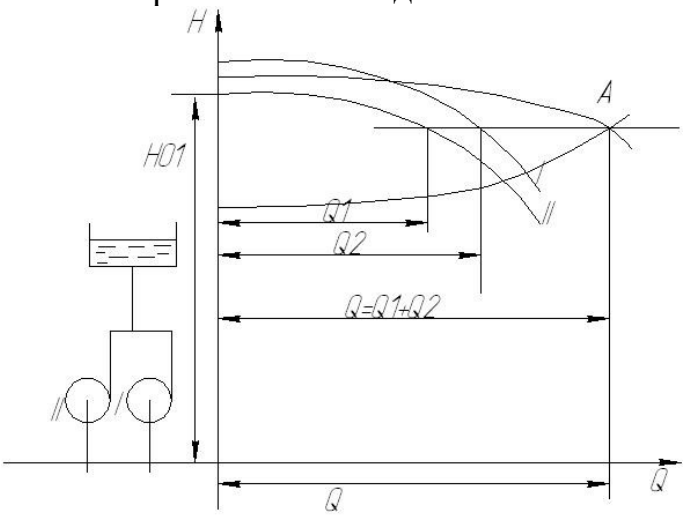
Регулирование режима насосной установки: 1)Изменение режима может быть достигнуто воздействием на характеристику трубопровода с помощью регулирующего устройства, либо изменением диаметра трубопровода. Достоинства: простота и надёжность, Недостаток – не экономичен. 2)Воздействие на характеристику насоса. Изменение частоты вращения рабочих колёс: для регулирования частоты используют увеличение тока, (ДВС). 3)Перепуск некоторого объёма жидкости из нагнетательной части во всасывающую.

В тех случаях, когда одним насосом нельзя обеспечить заданный расход жидкости, применяют параллельное соединение одновременно работающих насосов. Если же требуется увеличить напор, развиваемый насосной установкой, при неизменной подаче, то применяют последовательное соединение насосов.

Последовательное соединение:



Параллельное соединение:



Кавитация – нарушение сплошности потока жидкости, обусловленное появлением в нём пузырьков или полостей заполненных паром или газом. Кавитация возникает при понижении давления, в результате чего жидкость закипает или из неё выделяется растворимый газ. В потоке жидкости такое падение давления происходит обычно в области повышенных скоростей. Последствия кавитации:

1)Эрозия материала стенок канала.

2)Звуковые явления(шум, треск, удары), и вибрация установки, являющиеся следствием колебаний жидкости.

3)Уменьшение подачи, напора, мощности и КПД насоса.

Кавитационный запас – превышение полного напора жидкости во входном патрубке насоса над давлением её насыщенного пара. $\Delta h = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{W_2^2}{2g} - \frac{P_{\text{í.í.}}}{\rho g}$.

Кавитационная характеристика – это зависимость напора от кавитационного запаса при постоянной частоте вращения и подаче. (При больших Δh каавитационные явления отсутствуют и напор от кавитационного запаса не зависит)

Поршневые насосы относятся к числу объёмных насосов, в которых перемещение жидкости осуществляется путём вытеснения её из неподвижных рабочих камер вытеснителями. Под рабочей камерой объёмного насоса понимается ограниченное пространство, попеременно сообщающееся со входом и выходом насоса. Рабочий орган насоса, непосредственно совершающий работу вытеснения жидкости из рабочих камер, а так же часто работу всасывания жидкости в эти же камеры, называется вытеснителем.

Классификация поршневых насосов:

1.По типу вытеснителей поршневые насосы делятся на: поршневые, плунжерные, диафрагменные.

2.По характеру движения ведущего звена: прямодействующие (ведущее звено совершает возвратно-поступательное движение), вальные (ведущее звено совершает вращательное движение).

3. По числу циклов нагнетания и всасывания за один двойной ход: одностороннего и двухстороннего действия.

4. По количеству поршней или плунжеров: одно поршневые, двух поршневые, 3-хпоршневые, многопоршневые.

Объёмный насос – насос в котором сообщение энергии жидкости осуществляется периодическим изменением замкнутого объёма при переменном сообщении его со входом и выходом насоса. К ним относятся поршневые, плунжерные, роторные.

Свойства:

1) цикличность рабочего процесса, порционность и неравномерность подачи.

2) герметичность(постоянное отделение насоса от всасывающего).

3) Самовсасывание(способность объёмного насоса создавать вакуум во всасывающем трубопроводе, заполненным воздухом, достаточным для подъёма жидкости во всасывающем трубопроводе до уровня расположения насоса).

4) Независимость давлений создаваемых объёмным насосом от скорости движения рабочего органа насоса и скорости жидкости. Основные параметры: V_0-рабочий объём насоса, n – частота рабочих циклов. Давление насоса равно разности давлений на выходе и входе.

3. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

3.1. Методические рекомендации по проведению практических занятий

Практические занятия предусматривают решение задач по темам дисциплины. В начале практического занятия следует вспомнить необходимые для решения задач теоретические сведения (работа с аудиторией). Далее разбираются несколько (три, четыре – в зависимости от объема) типовых задач. Приводится (если это необходимо) алгоритм решения типовых задач. Разбираются

примеры типовых ошибок. Далее для решения предлагаются более сложные задачи (одна, две), требующие креативного подхода.

Выдается домашнее расчетное задание (если оно предусмотрено по данной теме), анализируется выполнение предыдущего домашнего задания, разбираются типовые ошибки.

3.2. Перечень тем практических занятий.

1. Физические свойства жидкостей и газов (2 часа)
2. Гидростатическое давление. Основное уравнение гидростатики (2 часа)
3. Силы давления покоящейся жидкости на плоские и криволинейные стенки (2 часа)
4. Режимы движения жидкости (2 часа)
5. Потери напора по длине и в местных сопротивлениях (2 часа)
6. Уравнение Бернулли (2 часа)
7. Расчет трубопроводов (2 часа)
8. Гидравлический удар (2 часа)
9. Расчет работы насоса на сеть (2 часа)

3.3. Задачи для практических занятий

Тема занятия 1: Физические свойства жидкостей и газов

Задачи

1. При гидравлическом испытании участка трубопровода диаметром $d = 400$ *мм* и длиной $l = 200$ *м* давление воды в трубе было поднято до *55 ати*. Через час давление упало до *50 ати*. Определить, пренебрегая деформацией трубопровода, сколько воды вытекло при этом через неплотности.

2. В отопительный котел поступает 50 м^3/час воды при температуре 70 ^{0}C. Сколько кубометров воды будет выходить из котла, если нагрев ее производится до температуры 90 ^{0}C, а коэффициент температурного расширения воды β_t = 0,00064 1/^{0}C?

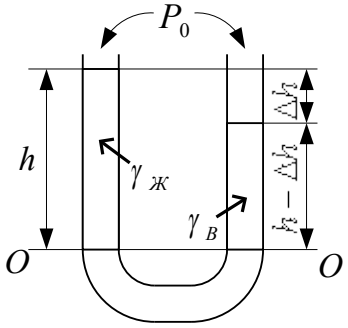
3. Резервуар, наполненный нефтью, находится под давлением $p_1 = 5$ *ати.* После выпуска из него *40 литров* нефти давление в резервуаре упало до $p_2 = 1$ *ати.* Определить емкость резервуара, если коэффициент объемного сжатия нефти $\beta_P = \frac{1}{13500}$ *см^2/кГ*.

4. В вертикальной цилиндрической емкости диаметром $D = 4$ *м* хранится *100 т* нефти при температуре $t = 0\ ^0C$. Определить колебание уровня нефти в резервуаре, если ее температура изменилась от $0\ ^0C$ до $30\ ^0C$. Расширение резервуара.

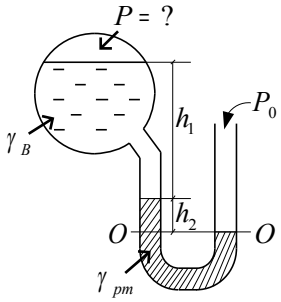
Тема занятия 2: Давление в покоящейся жидкости

Задачи

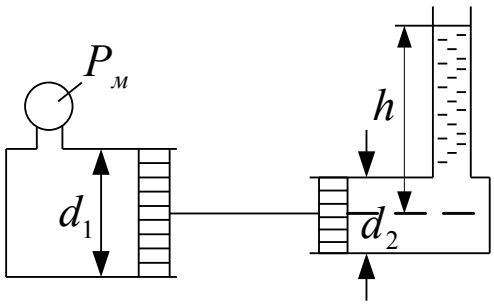
1. Требуется определить удельный вес жидкости, не смешивающейся с водой и налитой в левое колено U-образной стеклянной трубки на высоту $h= 1$ *м,* если в правое колено трубки налита вода и ее уровень находится ниже уровня жидкости в левом колене на величину $\Delta h=0,2$ *м.*



2. Определить абсолютное давление p на поверхности воды в сосуде и вакуум при разности уровней воды и ртути $h_1= 0,5$ *м* и $h_2= 0,08$ *м*.

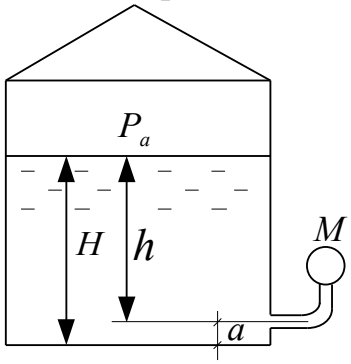


3. Определить, на какую высоту h может поднять воду прямодействующий паровой насос при следующих данных: диаметр парового цилиндра $d_1 = 0,3$ *м* и манометрическое давление в нем $p_M = 0,8$ *кГ/см*^{2}*;* диаметр водяного цилиндра $d_2 = 0,05$ *м.* Считать, что система находится в равновесии. Трением поршней в цилиндрах пренебречь.

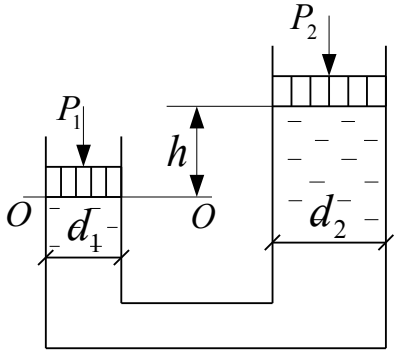


4. Бензин в гараже хранится в специальном резервуаре. Определить высоту столба H бензина в резервуаре, если манометр, присоединенный к нему пока-

зывает давление $p_M = 0{,}25$ *кГ/см*^{2}. Давление на свободной поверхности бензина атмосферное. Манометр присоединен на расстоянии $a = 0{,}2$ м от дна резервуара.



5. На поршень одного из сообщающихся сосудов, заполненных водой, действует сила $P_1 = 80$ *кГ*. Какую силу надо приложить ко второму поршню, если уровень воды под ним на $h = 0{,}5$ *м* выше уровня воды под первым поршнем и система находится в равновесии? Диаметр первого поршня $d_1 = 0{,}2$ *м,* второго поршня $d_2 = 0{,}3$ *м*.

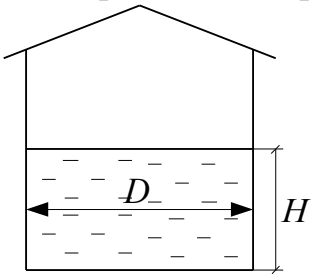


6. Определить манометрическое давление в точке А трубопровода, если высота столба ртути по пьезометру $h_2 = 25$ *см.* Центр трубопровода расположен на $h_1 = 40$ *с м* ниже линии раздела между водой и ртутью.

Тема занятия 3. Силы давления покоящейся жидкости на плоские и криволинейные стенки

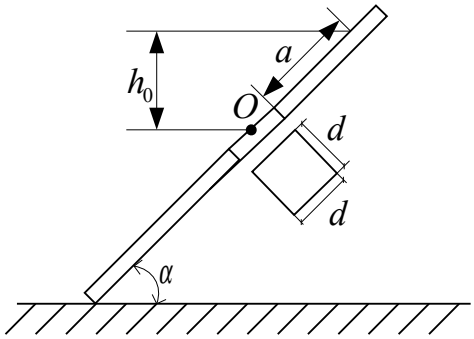
Задачи

1. Определить силу гидростатического давления бензина на дно резервуара. Диаметр резервуара $D = 3$ *м*, высота столба жидкости в резервуаре $H = 2$ *м*. Давление на поверхности жидкости равно атмосферному.

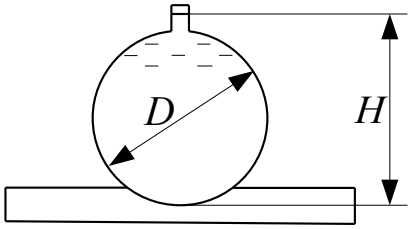


2. Определить силу гидростатического давления воды на квадратный щит, закрывающий отверстие в наклонной плоской стенке, а также глубину погружения центра давления при следующих данных:

b = 0,3 м; a = 1 м; $\alpha = 45^0$.

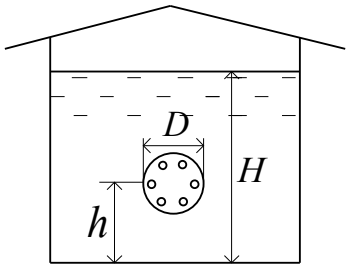


3. Определить силу гидростатического давления бензина на торцевую плоскую стенку горизонтальной цилиндрической автоцистерны диаметром *D = 2 м*, если уровень бензина в цистерне находится на расстоянии *H = 2,2 м*. от дна. Цистерна герметически закрыта, и избыточное давление паров бензина на свободную поверхность составляет *300 мм рт. ст.* Найти также положение центра давления.

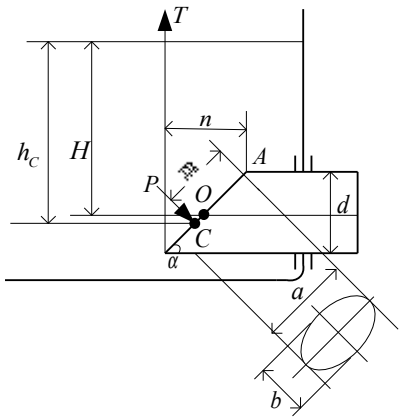


4. Для хранения бензина в гараже служит резервуар. Высота столба бензина *H = 5 м.* Для возможности осмотра резервуара в процессе его эксплуатации имеется лаз, который закрывается крышкой. Диаметр лаза *D = 0,8 м*; расстояние от его центра тяжести до дна *h= 0,9 м*. Крышка прикрепляется болтами. Количество болтов *n = 6*.

Определить силу гидростатического давления бензина на крышку лаза и положение центра давления. Кроме того, найти диаметр болтов, прикрепляющих крышку лаза, если допускаемое напряжение на разрыв для болтов $\sigma = 750$ *кГ/см*^{2}.



5. Автохозяйство имеет бензохранилище, выпуск бензина из которого осуществляется при помощи трубы диаметром $d = 300$ *мм*. Труба закрывается откидным клапаном, расположенным под углом $\alpha = 45^0$ к горизонту. Глубина погружения центра тяжести O клапана $H = 3$ *м*. Определить усилие T, которое нужно приложить к тросу, чтобы открыть клапан, пренебрегая его весом и трением в шарнире.



6. Определить силу давления на плоский прямоугольный затвор и центр давления. Глубина воды в верхнем бьефе $h_1 = 3$ *м,* в нижнем $h_2 = 1,2$ *м*. Ширина затвора $b = 4$ *м*, высота $H = 3,5$ *м*.

Расчет произвести аналитическим и графо-аналитическим способами. Найти начальное подъемное усилие, если толщина затвора $\delta = 0,08$ *м*, удельный вес материала, из которого изготовлен затвор, $\gamma = 1,18 \cdot 10^4$ *н/м*^{3}, а коэффициент трения затвора о пазы $f = 0,5$.

7. Для хранения бензина в гараже используется резервуар, который имеет фасонную часть в виде четверти поверхности цилиндра. Радиус цилиндра $r = 0,5$ *м,* длина образующей $b = 0,9$ *м,* высота столба бензина в резервуаре $H = 1,4$ *м.*

Определить силу гидростатического давления бензина на фасонную часть резервуара и глубину погружения центра давления.

8. Определить силу гидростатического давления воды на затвор и глубину погружения центра давления. Радиус затвора $r = 2,5$ *м,* длина затвора $b = 4$ *м.* Глубина воды $H = r$.

9. Бак для воды склепан из четырех рядов листовой стали при высоте каждого ряда $a = 1,5$ *м*. Определить толщину стенки нижнего ряда, предполагая, что бак наполнен водой доверху. Диаметр бака $d = 8$ *мм*. Допускаемое напряжение на разрыв $\sigma = 800$ *кГ/см*^{2}.

10. В цилиндрический сосуд диаметром $D = 0,7$ *м* и высотой $H = 1,1$ *м* налита вода на высоту $h = 0,9$ *м.* Определить, при каком числе оборотов сосуда вокруг

вертикальной оси *z* свободная поверхность жидкости коснется дна сосуда и при каком числе оборотов жидкость коснется крышки сосуда.

Тема занятия 4: Режимы движения жидкости

Задачи

1. Жидкость движется по трубопроводу, состоящему из трех участков, диаметры которых равны $d_1 = 50$ *мм*; $d_2 = 100$ *мм* и $d_3 = 50$ *мм.* Трубопровод присоединен к напорному баку, напор в котором поддерживается постоянным. Найти среднюю скорость движения жидкости на каждом из участков трубопровода, если она, вытекая из трубопровода, заполняет резервуар объемом $V = 2{,}5$ $м^3$ за время $t = 10$ *мин*.

2. Вдоль горизонтальной трубки переменного поперечного сечения движется установившийся поток воды. Зная, что в сечении, где скорость $w_1 = 1{,}5$ *м/с,* давление равно 700 *мм рт. ст.*, найти давление в сечении, где площадь живого сечения удваивается. Потерями напора пренебречь и считать $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$.

3. Поток жидкости движется по горизонтальной трубе, имеющей сужение. Найти высоту подъема *h* жидкости в трубке, присоединенной к сужению, если, пройдя сужение, поток течет при атмосферном давлении и если площади поперечных сечений трубы в сужении и за сужением равны соответственно $\omega_{суж}$ и ω , а расход *Q*. Давление в резервуаре равно p_3. Потерями напора пренебречь.

4. Определить режим движения бензина в автомобильном бензопроводе диаметром $d = 12$ *мм*, по которому подается бензин из бака в карбюратор. Расход бензина $Q = 34$ *см/с*. Температура бензина $t = 20$ *°С*. При этой температуре кинематический коэффициент вязкости $\nu = 0{,}0074$ $см^2/с$. Определить также нижнюю критическую скорость.

5. Определить режим движения воды в трубопроводе радиатора автомобиля. Трубки имеют прямоугольное сечение 3х7 *мм*. Расход воды, пропускаемый каждой трубкой, $Q = 10{,}5$ $см^3/сек$. Температура воды $t = 40$ *°С*. Найти также нижнюю критическую скорость.

6. Радиатор автомобиля состоит из прямоугольных трубок сечением 8х12 *мм*. Определить расход воды, которую нужно подавать в каждую трубку радиатора для того, чтобы обеспечить турбулентный режим движения. Температура воды $t = 60$ *°С*.

Тема занятия 5. Потери напора по длине и в местных сопротивлениях

Задачи

1. Определить потери напора по длине при движении бензина из в автомобильном бензопроводе, по которому подается бензин из бака в карбюратор. Диаметр бензопровода d = 8 *мм*, длина l = 1,5 *м*. Расход бензина Q = 7,5 *см*^{3}*/сек*. Температура бензина t = 30 *°C*. При этой температуре кинематический коэффициент вязкости бензина ν = 0,0067 *см*^{2}*/сек*.

2. Определить потери напора по длине в новом стальном трубопроводе (Δ =0,1 *мм*) диаметром d = 200 *мм* и длиной l = 2 *км*, если по нему транспортируется вода с расходом Q = 20 *л/сек*. Кинематический коэффициент вязкости воды ν = 0,01 *см*^{2}*/сек*.

Как изменятся потери напора, если по тому же трубопроводу будет транспортироваться нефть с тем же расходом. Кинетический коэффициент вязкости нефти ν = 1 *см*^{2}*/сек*.

3. По круглой стальной трубе диаметром d = 120 *мм* и длиной l = 500 *м* перемещается жидкость с расходом Q = 6 *л/сек*. Высота выступов шероховатости трубы Δ = 0,07 *мм*. Кинетический коэффициент вязкости жидкости ν = 0,01 *см*^{2}*/сек*. Определить потери напора по длине.

4. Для условия предыдущей задачи определить потери напора по длине, если расход жидкости Q = 160 *л/сек*.

5. Для тех же условий определить потери напора по длине, если расход жидкости Q = 6 *л/сек* и кинематический коэффициент вязкости ν = 0,1 *см*^{3}*/сек*.

6. Во сколько раз увеличатся потери напора по длине с заданным расходом, если квадратное сечение трубы (а×а) заменить прямоугольным той же площади с отношением сторон h/b = 0,1? Задачу решить для ламинарного режима.

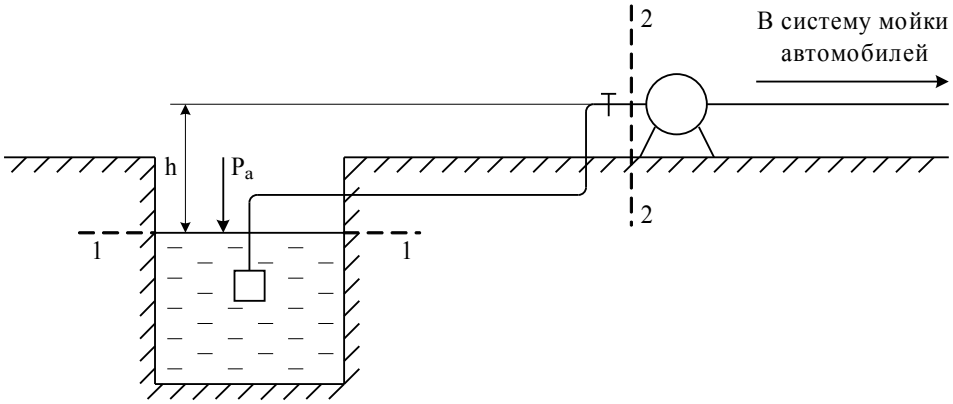
Указание. При ламинарном режиме для трубы квадратного сечения коэффициент гидравлического трения равен $\lambda_{КВ} = \frac{56,9}{\mathrm{Re}}$, а для прямоугольной (с отношением сторон h/b = 0,1) $\lambda_{ПР} = \frac{84,5}{\mathrm{Re}}$.

6. Сравнить потери напора по длине в круглой и квадратной трубах равной длины и равного сечения при одинаковом расходе данной жидкости, предполагая, что в трубах имеет место турбулентный режим (квадратичная область сопротивления). Для обеих труб принять $\lambda = 0,11\left(\frac{\Delta}{D}\right)^{0,25}$.

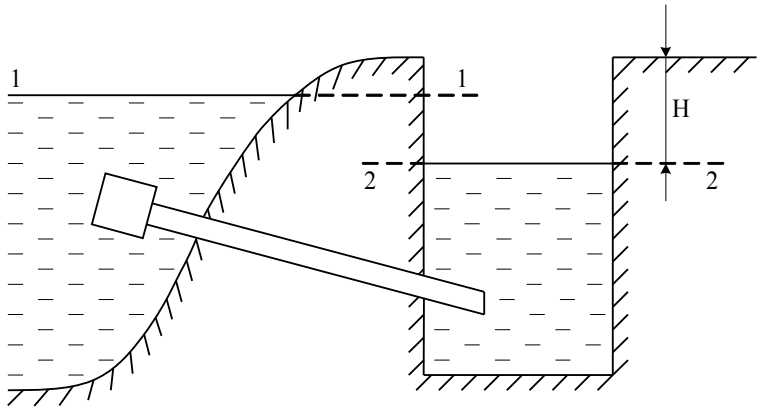
Тема занятия 6. Уравнение Бернулли

Задачи

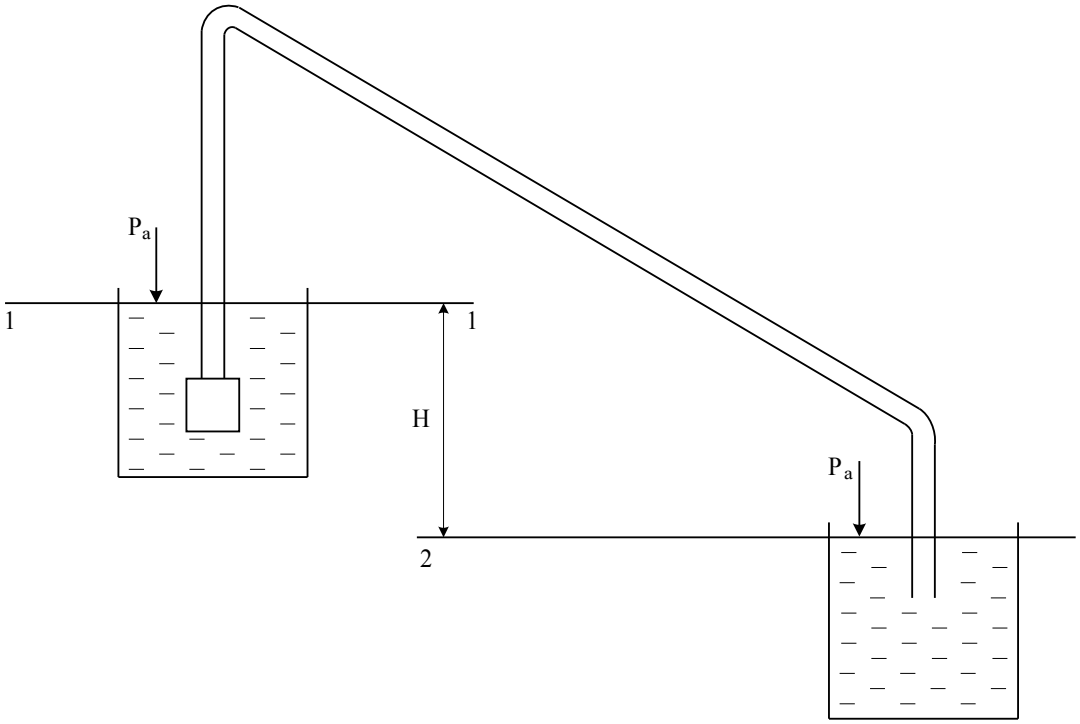
1. Определить вакуум в насосе, забирающем воду из колодца и подающем ее в систему автоматической мойки автомобилей. Температура воды t = 15 °*C*. Длина всасывающего трубопровода l = 40 *м*, диаметр d = 200 *мм*, расход воды Q = 45 *л/сек*, высота установки насоса над поверхностью воды в колодце h = 4,8 *м*. Коэффициент гидравлического трения λ = 0,04. Коэффициенты местных сопротивлений: $\zeta_{\text{сетки}}$= 5; $\zeta_{\text{колена}}$= 0,2; $\zeta_{\text{задвижки}}$= 3.



2. Определить расход воды, пропускаемый самотечной трубой длиной l = 50 *м* и диаметром d = 250 *мм* при разности уровней воды в колодцах H = 2,5 *м*. Коэффициент гидравлического трения λ =0,023. Коэффициенты местных сопротивлений: $\zeta_{\text{сетки}}$= 6; $\zeta_{\text{выхода}}$ = 1.



3. Определить при какой разности воды в сосудах H скорость движения воды в сифонном трубопроводе составит 1,8 *м/сек*. Длина трубопровода l =65 *м*, диаметр d = 150 *мм*. Коэффициенты местных сопротивлений: $\zeta_{\text{сетки}}$= 10; $\zeta_{\text{1-го колена}}$= 0,25; $\zeta_{\text{2-го колена}}$= 0,1; $\zeta_{\text{выхода}}$=1.



4. Определить высоту установки h центробежного насоса над поверхностью воды в колодце при следующих данных: диаметр всасывающей трубы d = 250 *мм*; длина всасывающей трубы l = 20 *м*; расход воды Q = 60 *л/сек*; температура воды t = 20 °*C*; давление перед входом в насос p_2 = 0,4 *кГ/см*^{2}. Высота выступов шероховатости трубы Δ = 1 *мм*. Коэффициенты местных сопротивлений: $\zeta_{\text{сетки}}$= 6; $\zeta_{\text{колена}}$= 0,4; $\zeta_{\text{вентиля}}$=2.

5. Определить напор H, необходимый для пропуска расхода воды $Q = 0{,}012$ *м*^{3}*/сек* через систему труб. Диаметры труб d_1 = 75 *мм* d_2 = 50 *мм* d_3 = 100 *мм.* Длины участков $l_1 = 10$ *м,* $l_2 = 5$ *м,* $l_3 = 8$ *м.*Трубы чугунные, бывшие в эксплуатации. Температура воды $t = 10\ ^0C$. Манометрическое давление в закрытом резервуаре $p_M = 2{,}943 \cdot 10^4$ *Па*.

Тема занятия 7. Расчет трубопроводов

Задачи

1. Из резервуара 1 по трубе диаметром d=200 мм, длиной 180 м, имеющей четыре плавных поворота и один вентиль, вода перетекает в резервуар 2. Определить расход воды при разности уровней в резервуарах 3,8 м, абсолютной шероховатости стенок труб 0,5 мм. При расчёте принять: коэффициент гидравлического трения $\lambda = 0.03$, коэффициенты местных сопротивлений: входа в трубопровод 0,8, вентиля 10, поворота 0,3, выхода под уровень 1.

2. Определить напор, который должен развивать насос, чтобы обеспечить подачу воды в заводские цехи, расположенные на горизонтальной площадке. Величины расходов, длины и диаметры участков соответственно равны:

$Q_д$=10 л/сек, l_1=350 м, d_1=100 мм;
$Q_с$=5 л/сек, l_2=450 м, d_2=150 мм;
$Q_в$=10 л/сек, l_3=600 м, d_3=200 мм;

Абсолютную шероховатость стенок труб на всех участках принять равной 0,5 мм. Местными потерями напора пренебречь.

3. Цетробежный насос перекачивает воду в количестве Q = 30 л/сек из нижнего резервуара в верхний. Определить расходы воды в каждой трубе, а также положение уровня в верхнем баке H, если полный напор, развиваемый насосом, $H_н$ = 23 , а длины участков, диаметры труб и шероховатость стенок соответственно равны:

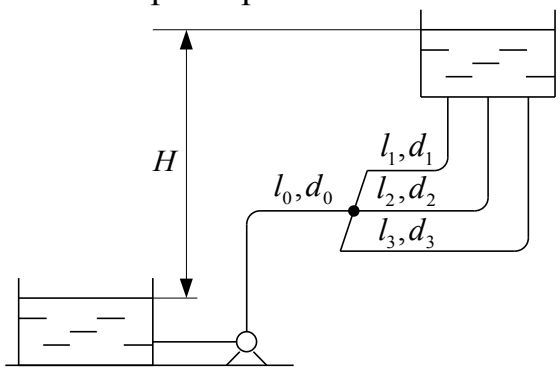
от насоса до точки разветвления l_0 = 400 , d_0 = 200 , Δ_0 = 0,5 .

первой ветви l_1 = 600 , d_1 = 75 , Δ_1 = 0,2

второй ветви l_2 = 750 , d_2 = 100 , Δ_2 = 0,5

третьей ветви l_3 = 1000 , d_3 = 150 , Δ_3 = 1,0

Местными сопротивлениями пренебречь.



Тема занятия 8: Гидравлический удар

Задачи

1. Определить повышение напора при гидравлическом ударе в стальном трубопроводе диаметром *d = 0,12 м* при расходе *Q = 15 л/с* и времени закрытия задвижки τ_1 *= 7 с* и τ_2 *=2 с.* Толщина стенки трубы *δ = 5 мм*. Длина трубы *l = 1600 м.*

2. Стальной трубопровод, имеющий размеры *D = 300 мм*, *δ = 4 мм* и длину *l = 510 м.* от напорного бака до затвора, пропускает расход воды *Q = 85 л/с.*

Определить, в течение какого времени τ_3 надо закрыть затвор, чтобы максимальное повышение давления в трубопроводе было в 3 раза меньше, чем при мгновенном закрытии затвора.

Тема занятия 9. Расчет работы насоса на сеть

Задачи

1. Определить полезную мощность насоса по следующим данным: производительность насоса Q = 0,12 $м^3$/сек, показания манометра $p_м$ = 7,2 $кГ/см^2$, показания вакуумметра p_v = 0.47 $кГ/см^2$, вертикальное расстояние между точками присоединения манометра и вакуумметра z_0 = 0,42 м. Диаметры всасывающего и напорного трубопроводов одинаковы. Насос перекачивает нефть. Плотность нефти 920 $кг/м^3$.

2. Для одного насоса были определены следующие величины: потребляемая мощность N = 115 кВт, гидравлическая мощность $N_г$ = 103 кВт, напор насоса H = 225 м, теоретическая производительность $Q_т$=45 л/сек, объемный к.п.д. $\eta_о$ =0,88. Насос перекачивает бензин с плотностью 750 $кг/м^3$.

Определить полный к.п.д. насоса η, гидравлический к.п.д. $\eta_г$, механический к. п. д. $\eta_м$, действительную производительность Q, полезную мощность насоса $N_п$, объемные потери q и гидравлические потери $h_г$.

3. Насос подает воду в количестве Q = 100 $м^3$/час из колодца в напорный бак по трубопроводу диаметром d = 150 мм. Геометрический напор $H_г$ = 32 м. Определить полный коэффициент полезного действия насоса, если потребляемая им мощность N = 14 кВт, а полный коэффициент сопротивления $\sum \zeta$ = 12.

3.4. План проведения практических занятий

Тема занятия 1: Физические свойства жидкостей и газов

Цель: Определение основных физических свойств жидкостей и газов.

Теоретические сведения:

Определение жидкости

Законы, уравнения и расчетные формулы гидравлики применимы для любого вещества, находящегося в жидком состоянии,- для воды, расплавленной стали, жидкого воздуха и т.д. Во многих случаях эти законы можно применять и для газов.

Жидкостью называется физическое тело, оказывающее сильное сопротивление изменению своего объёма (в противоположность газам) и слабое сопротивление изменению своей формы (в противоположность твёрдым телам).

Плотность жидкостей. Удельный вес

Основной механической характеристикой жидкости является плотность $\rho, кг/м^3$, определяемая для однородной жидкости отношением её массы M к её объёму W:

$$\rho = M/W$$

Удельным весом однородной жидкости $\gamma, Н/м^3$, называется вес G единицы объёма этой жидкости:

$$\gamma = G/W$$

Между плотностью и удельным весом существует связь:

$$\gamma = \rho \cdot g$$

где g –ускорение свободного падения.

Сжимаемость и температурное расширение жидкостей

Сопротивление жидкостей изменению своего объёма характеризуется коэффициентами объёмного сжатия и температурного расширения.

Коэффициент объёмного сжатия β_W, $Па^{-1}$, - относительное изменение объёма жидкости на единицу изменения давления:

$$\beta_W = \frac{\Delta W}{W \cdot \Delta p}$$

где ΔW - изменение объёма W, соответствующее изменению давления на величину Δp.

Величина, обратная коэффициенту объёмного сжатия, представляет собой объёмный модуль упругости жидкости E, $Па$:

$$E = 1/\beta_W$$

Коэффициент температурного расширения β_t^0, $^0C^{-1}$, выражает относительное изменение объёма жидкости при изменении температуры на 1 градус:

$$\beta_t = \frac{\Delta W}{W \cdot \Delta t}$$

где ΔW – изменение объема, соответствующее изменению температуры на величину Δt.

Для воды при нормальных условиях можно принимать:

$$\beta_t = \frac{1}{10000}\ ^0C^{-1}$$

Вязкость жидкостей

Сопротивление жидкостей изменению своей формы характеризуется их динамической вязкостью (внутренним трением). Сила внутреннего трения в жидкости на единицу площади определяется по закону Ньютона:

$$\tau = \pm \mu \cdot \frac{du}{dy},$$

где $\frac{du}{dy}$ - градиент скорости в направлении, перпендикулярном течению;

μ - абсолютная или динамическая вязкость жидкости.

Динамическая вязкость измеряется в пуазах (П) или в паскаль - секундах ($Па \cdot с$);

$$1П = 0{,}1\ Па \cdot с$$

Значение динамической вязкости зависит от рода жидкости и её температуры. Отношение динамической вязкости жидкости к её плотности называется относительной или кинематической вязкостью:

$$\nu = \mu / \rho$$

Кинематическая вязкость измеряется в стоксах (Ст) или в квадратных метрах на секунду ($м^2/с$):

$$1\,Ст = 1 \cdot 10^{-4}\ \ м^2/с$$

Вязкость жидкостей практически не зависит от давления, но значительно уменьшается с увеличением температуры.

На практике вязкость жидкостей определяется вискозиметрами и чаще всего выражается в градусах Энглера (^0E)- так называемая условная вязкость. Для перехода от условной вязкости в градусах Энглера к кинематической вязкости служит эмпирическая формула Убеллоде:

$$\nu = (0{,}0731\,{}^0E - 0{,}0631/{}^0E) \cdot 10^{-4}\ \ м^2/с$$

или теоретическая формула А.Д. Альтшуля [1]:

$${}^0E = 24\nu \left[2{,}3 \lg \frac{\sqrt{\nu^2 + 0{,}0294} - \nu}{\sqrt{\nu^2 + 0{,}0166} - \nu} + \frac{1}{\nu} \left(\sqrt{\nu^2 + 0{,}0294} - \sqrt{\nu^2 + 0{,}0166} \right) \right]$$

где ν –в $см^2/с$

Пример 1. Определить объём воды, который необходимо дополнительно подать в водопровод диаметром $d = 500$ и длиной $l = 1$ для повышения давления до $\Delta p = 5 \cdot 10^6$. Водовод подготовлен к гидравлическим испытаниям и заполнен водой при атмосферном давлении. Деформацией трубопровода можно пренебречь.

Решение. Вместимость водовода

$$W_B = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}5^2}{4} \cdot 10^3 = 196{,}2\ \ ^3.$$

Объём воды ΔW , который необходимо подать в водовод для повышения давления, находим из соотношения:

$$\beta_W = \frac{\Delta W}{W \cdot \Delta p} = \frac{\Delta W}{(W_B + \Delta W) \cdot \Delta p}.$$

Принимаем:

$$\beta_W = 5 \cdot 10^{-10}\ м^2/Н = \frac{1}{2 \cdot 10^9}\ Па^{-1}.$$

Тогда

$$\Delta W = \frac{W_B \cdot \beta_W \cdot \Delta p}{1 - \beta_W \cdot \Delta p} = \frac{196{,}2 \cdot 5 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^9 \left(1 - \frac{5 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^9} \right)} = 0{,}493\ \ ^3.$$

Пример 2. Для периодического аккумулирования дополнительного объема воды, получающегося при изменении температуры, к системе водяного отопления в верхней её точке присоединяют расширительные резервуары, сообщающиеся с атмосферой. Определить наименьший объём расширительного резервуара, чтобы он полностью не опорожнялся. Допустимое колебание темпе-

ратуры воды во время перерывов в топке $\Delta t = 95 - 70 = 25\ ^0C$. Объём воды в системе $W = 0{,}55\ м^3$.

Решение. Наименьший объём расширительного резервуара должен быть равен изменению объёма воды при колебании её температуры на 25^0. Изменение объёма воды находим по формуле:

$$\beta_t = \frac{\Delta W}{W \cdot \Delta t}$$

Коэффициент температурного расширения воды при температуре принимаем:

$$\beta_t \approx 600 \cdot 10^{-6}\ ^0C^{-1}$$

Тогда

$$\Delta W = \beta_t \cdot W \cdot \Delta t = 600 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}55 \cdot 25 = 0{,}0083\ ^3 = 8{,}3\ .$$

Пример 3. Вязкость нефти, определенная по вискозиметру Энглера, составляет $8{,}5\ ^0E$. Вычислить динамическую вязкость нефти, если её плотность $\rho = 850\ кг/м^3$.

Решение. Находим кинематическую вязкость нефти по эмпирической формуле Убеллоде (18):

$$\nu = 0{,}0731 \cdot {}^0E - 0{,}0631/{}^0E = 0{,}0731 \cdot 8{,}5 - 0{,}0631/8{,}5 =$$

$$= 0{,}614\ Ст = 0{,}614 \cdot 10^{-4}\ м^2/с$$

Проверяем полученный результат по теоретической формуле:

$${}^0E = 24 \cdot \nu \cdot \left(2{,}3 \cdot \lg\frac{C_1 - \nu}{C_2 - \nu} + \frac{1}{\nu} \cdot (C_1 - C_2)\right),$$

где

$$C_1 = \sqrt{\nu^2 + 0{,}0294} = \sqrt{0{,}614^2 + 0{,}0294} = 0{,}635;$$

$$C_2 = \sqrt{\nu^2 + 0{,}0166} = \sqrt{0{,}614^2 + 0{,}0166} = 0{,}626.$$

Подставляя в формулу (19) найденные значения, получим:

$${}^0E = 24 \cdot 0{,}614 \cdot \left(2{,}3 \cdot \lg\frac{0{,}635 - 0{,}614}{0{,}626 - 0{,}614} + \frac{0{,}635 - 0{,}626}{0{,}614}\right) = 8{,}5$$

Из приложения 3 находим:

$$\nu = 0{,}6139 \cdot 10^{-4}\ ^2/$$

Динамическая вязкость нефти

$$\mu = \nu \cdot \rho = 0{,}614 \cdot 10^{-4} \cdot 850 = 0{,}052\ \cdot = 0{,}52\ .$$

Тема занятия 2: Гидростатическое давление. Основное уравнение гидростатики.

Цель: научить студентов рассчитывать абсолютное и избыточное давление, манометрическое давление, вакуум, использовать основное уравнение гидростатики.

Контрольные вопросы:

1. Виды давлений, их связь друг с другом.
2. Приборы и единицы измерения давления.
3. Как определяется гидростатическое давление в любой точке?
4. Понятие пьезометрической высоты жидкости.
5. Схема подключения и принцип действия пьезометра открытого типа, U – образного манометра, обратного пьезометра.

Теоретические сведения:

Гидростатическое давление р представляет собой напряжение сжатия в точке, расположенной внутри покоящейся жидкости:

$$p = \lim_{\Delta\omega \to 0} \frac{\Delta P}{\Delta \omega},$$

где ΔP – сила давления жидкости, приходящаяся на площадку $\Delta \omega$,
содержащую рассматриваемую точку.

Гидростатическое давление в данной точке всегда нормально к площадке, на которую оно действует, и не зависит от ориентации (угла наклона) площадки. Гидростатическое давление зависит от положения рассматриваемой точки внутри жидкости и от внешнего давления, приложенного к свободной поверхности жидкости. В наиболее распространенном случае, когда действует лишь сила тяжести, гидростатическое давление p , Па, в точке находящейся на глубине h, определяется по формуле

$$p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h$$

где p_0 - единичное давление на свободной поверхности жидкости;

ρ - плотность жидкости;

g - ускорение свободного падения.

Формула (1.2) называется основным уравнением гидростатики. Из этой формулы следует, что внешнее давление p_0 , приложенное к свободной поверхности жидкости, передается всем точкам этой жидкости и по всем направлениям одинаково (закон Паскаля).

Если $p_0 = p_{атм}$ (атмосферное давление), то уравнение (1.2) принимает вид

$$p_{абс} = p_{атм} + \rho \cdot g \cdot h$$

Разность между абсолютным и атмосферным давлением называется избыточным давлением:

$$p_{изб} = p - p_{атм} = \rho \cdot g \cdot h$$

отсюда

$$h = \frac{p_{изб}}{\rho \cdot g} = \frac{p - p_{атм}}{\rho \cdot g}$$

где h - пьезометрическая высота (высота давления).

Для воды избыточное давление на глубине h м 10 равно: $p_{изб}$ кПа 9,81

.

Если измеряемое давление меньше атмосферного ($p < p_{атм}$), то разность между атмосферным и абсолютным давлением называется вакуумом

$$p_{вак} = p_{атм} - p = \rho g h_{вак}$$

$$h_{вак} = \frac{p_{атм} - p}{\rho g} = \frac{p_{вак}}{\rho g}$$

Вакуум измеряется в долях атмосферы или высотой столба жидкости.

В дальнейшем изложении избыточное гидростатическое давление будет обозначаться буквой p (без индекса).

Пример: Требуется определить удельный вес жидкости, не смешивающейся с водой и налитой в левое колено U-образной стеклянной трубки на высоту $h = 1$ *м,* если в правое колено трубки налита вода и ее уровень находится ниже уровня жидкости в левом колене на величину $\Delta h = 0{,}2$ *м.*

Решение:

Записать краткое условие задачи, перевести исходные данные в систему СИ.

1. Выбираем горизонтальную плоскость сравнения.
2. Составляем уравнение равновесия относительно выбранной
3. Выражаем из уравнения равновесия неизвестную величину
4. Плотность и удельный вес жидкости берутся из справочников

4. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

4.1. Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий

Лабораторные занятия предусматривают проведение эксперимента на лабораторных стендах. Методические указания по выполнению лабораторных работ, контрольные вопросы и необходимый справочный материал приведены в [1].

На первом занятии зав. лабораторией проводит инструктаж по технике безопасности, делается соответствующая запись в журнале по ТБ лаборатории. Студенты, не прошедшие инструктаж по технике безопасности, к выполнению лабораторных работ не допускаются.

В начале лабораторного занятия осуществляется допуск к выполнению работы. Для допуска необходимо знать цель и содержание работы, пояснить схему рабочего участка и порядок проведения эксперимента.

Лабораторная работа выполняется подгруппой (два, три человека), каждой подгруппе выдается индивидуальное задание (исходные данные).

Отчет по лабораторной работе оформляется каждым студентом индивидуально и должен содержать:

- тему и цель работы;
- схему экспериментального участка;
- протокол эксперимента (в табличной форме);

- обработку результатов исследования (в отчете приводятся подробные расчеты для одного экспериментального режима, при выполнении нескольких аналогичных расчетов результаты приводятся в табличной форме);

- результаты обработки опытных данных (в табличной форме);

- графические зависимости, полученные в работе;

- выводы.

Текст отчета выполняется на листах формата А4 или в отдельной тетраде в рукописном или машинописном виде, графические зависимости следует выполнять на миллиметровой бумаге формата А4 или А5. Обязательно указание единиц измерения приводимых (полученных экспериментально или рассчитанных) величин. Допускается выполнение расчетов и построение графических зависимостей с помощью прикладных расчетных программ.

Для защиты результатов лабораторной работы следует представить преподавателю отчет и ответить (письменно или устно) на контрольные вопросы.

Темы лабораторных занятий приведены в рабочей программе дисциплины и настоящем учебно-методическом комплексе.

4.2. Перечень тем лабораторных занятий

1. Измерение манометрического и вакуумметрического давления. (2 часа)
2. Относительный покой жидкости во вращающемся сосуде. (2 часа)
3. Определение потерь напора по длине. (2 часа)
4. Определение местных потерь напора (6 часов)
5. Определение коэффициента расхода диафрагмы. (2 часа)
6. Изучение истечения жидкости из отверстия и насадков (4 часа)

4.3. Методические указания по выполнению лабораторных работ

Методические указания по выполнению лабораторных работ приведены в [1].

Методические указания содержат: тему и цель работы, теоретические сведения, описание экспериментальной установки, порядок проведения эксперимента, обработку результатов исследования, контрольные вопросы и необходимый справочный материал.

5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

5.1. Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы

Самостоятельная работа предусматривает:

- подготовку студентов к аудиторным лекционным, практическим и лабораторным занятиям;

- выполнение расчетно-графической работы.

Для усвоения дисциплины, необходима систематическая самостоятельная работа, контроль которой осуществляется с помощью графика самостоятельной работы (табл. 1).

Темы аудиторных лекционных, практических и лабораторных занятий; задание для расчетно-графической работы; рекомендуемая литература приведены в рабочей программе дисциплины и настоящем учебно-методическом комплексе.

5.2. График самостоятельной работы студентов

№	Содержание	Объем в часах	Формы контроля	Сроки (недели)
1	2	3	4	5
1	подготовка к лекционным и практическим занятиям	2	Тестирование на лекции	1
2	подготовка к лекционным и практическим занятиям подготовка к лабораторной работе	2 2	Блиц-опрос на лекции Защита лабораторной работы	2
3	подготовка к лекционным и практическим занятиям подготовка к лабораторной работе	3 2	Тестирование на лекции. Проверочная работа 1 (по темам 1, 3) Защита лабораторной работы	3, 4
4	подготовка к лекционным занятиям	1	Блиц-опрос на лекции.	5
5	подготовка к лекционным занятиям	1	Блиц-опрос на лекции.	6
6	подготовка к лекционным занятиям	1	Блиц-опрос на лекции.	7
7	подготовка к лекционным занятиям	1	Блиц-опрос на лекции.	8
8	подготовка к лекционным и практическим занятиям подготовка к лабораторной работе	3 2	Проверочная работа № 2 Защита лабораторной работы	9
9	подготовка к лекционным и практическим занятиям	2	Тестирование на лекции Проверочная работа № 3	10
10	подготовка к лекционным и практическим занятиям подготовка к лабораторной работе	2 4	Блиц-опрос на лекции. Защита лабораторной работы	11
11	подготовка к лекционным занятиям подготовка к лабораторной работе	1 3	Тестирование на лекции Защита лабораторной работы	12

12	подготовка к лекционным и практическим занятиям	3	Блиц-опрос на лекции.	13, 14
13	подготовка к лекционным и практическим занятиям	3	Проверочная работа № 4 (по темам 11 и 13	15
14	подготовка к лекционным и практическим занятиям выполнение расчетно-графического задания	3 6	Тестирование на лекции защита расчетно-графического задания	16, 17, 18

5.3. Методические указания по выполнению расчетно-графической работы

Исходные данные для решения выбираются по предпоследней и последней цифрам варианта (зачетной книжки) из таб. 1 и 2 [1]. Физические параметры воды выбираются по таблице приложения 1 в зависимости от заданной температуры. Барометрическое давление принимается 101.3 кПа. Все расчеты рекомендуется выполнять в международной системе единиц. Расчетная часть выполняется на листах формата А4, графическая – на миллиметровой бумаге формата А4.

Требуется определить:

1) рабочий режим системы (расход и напор насоса);
2) мощность, потребляемую насосом в рабочем режиме;
3) допустимую геометрическую высоту всасывания $Н_{Г.ВС.ДОП}$;
4) как изменится рабочий режим насоса, если скорость вращения рабочего колеса насоса уменьшится* (увеличится)** на 20 %;
5) как изменится рабочий режим насоса при одновременном параллельном* (или последовательном)** включении двух одинаковых насосов.

Примечание: * - задание для четных вариантов; **- задание для нечетных вариантов.

Выполненная РГР сдается преподавателю для проверки (два-три дня), защита РГР производится в соответствии с графиком. Студенты, не выполнившие или не защитившие РГР, к экзамену по гидрогазодинамике не допускаются.

5.4. Комплекты заданий для проверочных работ

Проверочная работа № 1

«Основное уравнение гидростатики.
Сила давления жидкости на стенку»

1. Определить манометрическое давление в точке А трубопровода, если высота столба ртути по пьезометру $h_2 = 25$ *см.* Центр трубопровода расположен на $h_1 = 40$ *с м* ниже линии раздела между водой и ртутью.

2. Определить силу гидростатического давления бензина на торцевую плоскую стенку горизонтальной цилиндрической автоцистерны диаметром $D = 2$

м, если уровень бензина в цистерне находится на расстоянии $H = 2{,}2$ *м*. от дна. Цистерна герметически закрыта, и избыточное давление паров бензина на свободную поверхность составляет *300 мм рт. ст.* Найти также положение центра давления.

Проверочная работа № 2

«Режимы движения жидкости. Потери напора по длине»

1. Жидкость движется по трубопроводу, состоящему из трех участков, диаметры которых равны $d_1 = 50$ *мм*; $d_2 = 100$ *мм* и $d_3 = 50$ *мм.* Трубопровод присоединен к напорному баку, напор в котором поддерживается постоянным. Найти среднюю скорость движения жидкости на каждом из участков трубопровода, если она, вытекая из трубопровода, заполняет резервуар объемом $V = 2{,}5$ $м^3$ за время $t = 10$ *мин*.

2. По круглой стальной трубе диаметром $d = 120$ *мм* и длиной $l = 500$ *м* перемещается жидкость с расходом $Q = 6$ *л/сек*. Высота выступов шероховатости трубы $\Delta = 0{,}07$ *мм*. Кинетический коэффициент вязкости жидкости $\nu = 0{,}01$ $см^2/сек$. Определить потери напора по длине.

Проверочная работа № 3

«Уравнение Бернулли»

1. Определить высоту установки h центробежного насоса над поверхностью воды в колодце при следующих данных: диаметр всасывающей трубы $d = 250$ *мм*; длина всасывающей трубы $l = 20$ *м*; расход воды $Q = 60$ *л/сек*; температура воды $t = 20$ °*C*; давление перед входом в насос $p_2 = 0{,}4$ $кГ/см^2$. Высота выступов шероховатости трубы $\Delta = 1$ *мм*. Коэффициенты местных сопротивлений: $\zeta_{\text{сетки}} = 6$; $\zeta_{\text{колена}} = 0{,}4$; $\zeta_{\text{вентиля}} = 2$.

Проверочная работа № 4

«Истечение жидкости через насадки. Гидравлический удар»

1. Определить расход из резервуара через два цилиндрических насадка. Один насадок расположен горизонтально, другой в дне резервуара. Размеры насадков одинаковы $d = 40$ *мм*, длина $l = 4d$. Глубина воды $H_1 = 80$ *см* и $H_2 = 170$ *см*. Определить время полного истечения жидкости из резервуара, если диаметр резервуара $D = 0{,}8$ *м*.

2. Определить повышение напора при гидравлическом ударе в стальном трубопроводе диаметром $d = 0{,}12$ *м* при расходе $Q = 15$ *л/с* и времени закрытия задвижки $\tau_1 = 7$ *с* и $\tau_2 = 2$ *с.* Толщина стенки трубы $\delta = 5$ *мм*. Длина трубы $l = 1600$ *м.*

6. МАТЕРИАЛЫ ПО КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ

6.1. Методические указания по организации контроля знаний студентов

Важнейшей составляющей изучения дисциплины является контроль знаний студентов, в том числе тестовый контроль качества освоения профессиональной образовательной программы (проверка остаточных знаний). Приведенные ниже комплекты заданий позволяют оценить степень усвоения теоретического материала и практических навыков и умений по гидрогазодинамике в рамках учебной программы для энергетических специальностей вузов.

Предусмотрены следующие виды контроля знаний студентов:

Входной контроль

Входной контроль по дисциплине представляет собой тестовые задания, позволяющие оценить знание понятий, определений и закономерностей, используемых в данной дисциплине и изучаемых ранее в других курсах (физика, химия, математика), т.е. подготовленность студентов для освоения дисциплины.

Межсессионный контроль

Межсессионный контроль включает теоретические задания по изучаемым темам, выполнение проверочных работ, выполнение домашних расчетных заданий. Текущий контроль осуществляется систематически в течение семестра (см. график самостоятельной работы п. 5.2), по результатам контроля выставляется промежуточная аттестация (контрольные точки), экзаменационная оценка по дисциплине выставляется с учетом результатов межсессионного контроля.

Экзаменационный контроль

Итоговой формой контроля знаний студентов является экзамен. В ответах студентов на экзамене знания и умения оцениваются по пятибалльной системе. Опрос студентов осуществляется в письменно-устной форме. Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса по изученному курсу и задачу (каждый вопрос и задача – по разным темам дисциплины). Для подготовки ответа на вопросы и решения задачи дается 40 мин.

Контроль остаточных знаний

Проверка качества освоения профессиональной образовательной программы осуществляется после изучения дисциплины в виде тестирования.

6. 2. Критерии оценки знаний студентов

Входной контроль, межсессионный (теоретические задания) контроль и контроль остаточных знаний

Знания оцениваются по четырехбалльной шкале.

Отлично – не менее 85% правильно выполненных заданий; *хорошо* – не менее 75% правильно выполненных заданий; *удовлеворительно* – не менее

50% правильно выполненных заданий; *неудовлетворительно* – менее 50% правильно выполненных заданий.

Межсессионный контроль (проверочные работы)

Каждая проверочная работа включает две задачи. Практические умения решения задач оцениваются по четырехбалльной шкале.

Отлично – правильно решены обе задачи. *Хорошо* – одна задача решена правильно, при решении второй задачи допущены ошибки (задача не решена до конца, неправильно найдены некоторые величины) или решение обеих задач содержит ошибки непринципиального характера. *Удовлетворительно* – правильно решена одна задача или решение обеих задач содержит принципиальные ошибки. *Неудовлетворительно* – обе задачи решены неверно.

Экзаменационный контроль

В ответах студентов на экзамене знания и умения оцениваются по пятибалльной шкале.

Оценка «отлично» ставится в случае правильных и полных ответов на оба теоретические вопросы билета и правильного решения задачи.

Оценка «хорошо» ставится в случае:

- правильного, но неполного ответа на один из теоретических вопросов билета, требующего уточняющих дополнительных вопросов со стороны преподавателя или ответа, содержащего ошибки непринципиального характера, которые студент исправляет после замечаний (дополнительных вопросов) преподавателя; правильного решения задачи;

- правильных и полных ответа на оба теоретических вопроса билета; затруднений при решении задачи, с которыми студент справляется после помощи преподавателя.

Оценка «удовлетворительно» ставится в случае:

- ответов, содержащего ошибки принципиального характера на теоретические вопросы билета; правильного решения задачи;

- неверного ответа (отсутствия ответа) на один из теоретических вопросов билета; решения задачи после незначительной помощи преподавателя;

- правильных и полных ответов на оба теоретических вопроса билета; неверного решения задачи (не справился с задачей после помощи преподавателя).

Оценка «неудовлетворительно» ставится в случае:

неверных ответов (отсутствия ответов) на оба теоретических вопроса билета;

неверного ответа (отсутствия ответов) на один из теоретических вопросов билета и неверного решения задачи.

6.3. Фонды тестовых заданий

Входной контроль

Идеальная жидкость – это…

Закон паскаля звучит…

Закон Архимеда звучит…

Межсессионный контроль

Задания для текущей проверки знаний

По теме 1

1. Гидравлика изучает…
2. Вязкость – это…
3. Сжимаемость – это…, характеризуется …
4. Ньютоновская жидкость – это…
5. Температурное расширение – это …, характеризуется …

По теме 3

1. Силы действующие на жидкость бывают …
2. Под относительным покоем жидкости понимают…
3. Под абсолютным покоем жидкости понимают…
4. Основное уравнение гидростатики записывается…
5. Перечислите свойства гидростатического давления.
6. Сила давления на плоскую стенку определяется …
7. Сила давления на криволинейную стенку определяется…
8. Закон Паскаля звучит…
9. Закон Архимеда записывается…

По темам 7, 8, 9

1.Режимы движения жидкости бывают …
2. Удельная энергия – это …, она измеряется в ….
3. Уравнение Бернулли для потока идеальной жидкости записывается …
4. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости записывается …
5. Геометрический смысл уравнения Бернулли для потока идеальной жидкости
6. Геометрический смысл уравнения Бернулли для потока реальной жидкости
7. Потери напора по длине определяются…
8. Местные потери напора определяются…
9. Коэффициент гидравлического трения определяется …

По теме 11

1. Простым трубопроводом называют…
2. Сложным трубопроводом называют…
3. Потребный напор – это …
4. Характеристика трубопровода – это …
5. При последовательном соединении простых трубопроводов общая подача определяется…, а полная потери напора определяется …

6. При параллельном соединении простых трубопроводов общий расход определяется…, а полная потери напора определяется …

По теме 14

1. Насос – это …, насосы бывают …
2. Мощность насоса определяется …
3. Баланс энергии в насосе…
4. Устройство лопастного насоса…
5. Центробежные насосы можно классифицировать …
6. Рабочие характеристики насоса – это …
7. Изменения режима насосной установки может быть достигнуто …
8. При последовательной работе насосов для определения суммарной характеристики их напоры …, а подача …
9. При параллельной работе насосов для определения суммарной характеристики их напоры …, а подача …
10. Кавитация – это …, кавитация может привести к …
11. Принцип действия поршневых насосов …

Экзаменационный контроль

Вопросы к экзамену

1. Предмет гидравлики. Основные понятия и определения. Основные физические свойства жидкости.
2. Идеальные и реальные жидкости. Силы, действующие на жидкость. Ньютоновские жидкости.
3. Гидростатическое давление и его свойства. Основное уравнение гидростатики.
4. Абсолютный и относительный покой жидкости. Примеры относительного покоя жидкости. Свойства поверхностей уровня.
5. Сила давления жидкости на плоскую стенку. Определение центра давления. Гидростатический парадокс.
6. Сила давления жидкости на криволинейную стенку. Основные законы гидростатики (закон Паскаля и Архимеда).
7. Основные понятия и определения кинематики жидкости.
8. Общие законы и уравнения статики и динамики жидкостей и газов: уравнения Эйлера, Навье-Стокса.
9. Уравнение баланса количества движения.
10. Уравнение баланса момента количества движения.
11. Условия подобия гидродинамических процессов.
12. Виды движения жидкости. Уравнение неразрывности.
13. Понятие удельной энергии. Виды удельной энергии. Уравнение Бернулли для потока идеальной жидкости. Его геометрический смысл.

14. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости. Гидравлический и пьезометрический уклоны.
15. Потери напора при движении жидкости. Определение коэффициента гидравлического трения.
16. Ламинарное и турбулентное течение жидкости. Участок гидродинамической стабилизации. Опыты Рейнольдса. Число Рейнольдса и критическая скорость.
17. Местные потери напора (потери напора при внезапном расширении, сужении, повороте).
18. Истечение жидкости через отверстия и насадки при постоянном напоре.
19. Истечение жидкости через отверстия и насадки при переменном напоре.
20. Классификация трубопроводов. Расчёт коротких трубопроводов.
21. Гидравлический расчёт трубопроводов. Соединения простых трубопроводов.
22. Гидравлический расчет сложных трубопроводов и трубопроводов с насосной подачей жидкости.
23. Явление гидравлического удара. Формула Жуковского.
24. Взаимодействие потока жидкости с ограничивающими его стенками.
25. Классификация насосов. Основные параметры насосов. Баланс энергии в лопастном насосе.
26. Принцип действия и устройство центробежного насоса. Классификация центробежных насосов.
27. Движение жидкости в рабочем колесе центробежного насоса. Характеристики центробежного насоса и их пересчет. Коэффициент быстроходности.
28. Регулирование режима насосной установки. Осевые насосы.
29. Последовательная и параллельная работа насосов.
30. Явление кавитации. Кавитационный запас, кавитационная характеристика. Последствия кавитации.
31. Поршневые насосы. Классификация и принцип действия.
32. Свойства и основные параметры объемных насосов.

Образцы экзаменационных билетов

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
от протокол №
Зав. кафедрой Н.В. Савина

УТВЕРЖДАЮ

Кафедра энергетики
Факультет энергетический
Курс второй
Специальность 330100
Дисциплина
Гидравлика

Билет № 4

1. Идеальные и реальные жидкости. Силы, действующие на жидкость. Ньютоновские жидкости.

2. Поршневые насосы. Классификация и принцип действия.

3. Задача

Определить потери напора по длине в новом стальном трубопроводе (Δ =0,1 *мм*) диаметром d = 200 *мм* и длиной l = 2 *км*, если по нему транспортируется вода с расходом Q = 20 *л/сек*. Кинематический коэффициент вязкости воды ν = 0,01 *см*^{2}*/сек*.

Как изменятся потери напора, если по тому же трубопроводу будет транспортироваться нефть с тем же расходом. Кинетический коэффициент вязкости нефти ν = 1 *см*^{2}*/сек*.

Контроль остаточных знаний

Тестовые задания для проверки остаточных знаний
по дисциплине «Гидравлика» для специальности 330100
20 заданий
время тестирования 40 минут

Инструкция: При ответе следует выбрать ответ из предложенных (задания могут содержать несколько правильных ответов).

1. Гидростатика изучает:
- законы равновесия и движения жидкости, а также использование этих законов для решения практических задач;
- законы равновесия жидкости;
- законы движения жидкости.

2. Идеальная жидкость
- жидкость, обладающая вязкостью, т.е. при её движении имеют место силы трения;
- жидкость в которой нет сил трения;
- жидкость которая не подчиняется закону Ньютона.

3. Закон Ньютона записывается:
- $\tau = \frac{\Delta T}{\Delta S}$
- $\tau = \mu \frac{dw}{dn}$
- $\tau = \nu \frac{dw}{dn}$

4. Если известно $p_{АТМ}$ и $p_{ИЗБ}$, то $p_{АБС}$ можно определить так:
- $p_{АБС} = p_{АТМ} + p_{ИЗБ}$
- $p_{АБС} = p_{ИЗБ} - p_{АТМ}$

- $p_{АБС} = p_{АТМ} - p_{ИЗБ}$

5. Закон Архимеда записывается:
- на тело, погруженное в жидкость действует сила, численно равная произведению веса жидкости, вытесненной телом, на объём тела.
- давление, приложенное к внешней поверхности жидкости, предается всем точкам этой жидкости и по всем направлениям одинаково.
- на тело, погруженное в жидкость действует выталкивающая сила, направленная вертикально вверх, численно равная весу жидкости, вытесненной телом, и приложенная в центре тяжести объёма погруженной части тела.

6. Установившееся течение жидкости:
- течение жидкости, характеристики которого изменяются во времени в точках рассматриваемого пространства
- течение жидкости, неизменное по времени, при котором давление и скорость являются функциями только координат, но не зависят от времени
- течение жидкости, при котором живые сечения и скорости в соответствующих точках этих сечений по всей длине потока одинаковы.

7. Массовый расход – это
- масса жидкости, протекающей через живое сечение в единицу времени
- вес жидкости, протекающей через живое сечение в единицу времени
- объем жидкости, протекающей через живое сечение в единицу времени

8. Уравнение неразрывности записывается…
9. Уравнение Бернулли для реальной жидкости записывается …

Слагаемые уравнения представляют собой …

10. Потери напора местного сопротивления находятся:
- $h_M = \varsigma \frac{d}{l} \frac{w^2}{2g}$
- $h_M = \lambda \frac{d}{l} \frac{w^2}{2g}$
- $h_M = \varsigma \frac{w^2}{2g}$

11. Число Рейнольдса рассчитывается:
- $\mathrm{Re} = \frac{wd}{2g\nu}$
- $\mathrm{Re} = \lambda \frac{wd}{\nu}$
- $\mathrm{Re} = \frac{wd}{\nu}$

12. Определите режим движения воды в водопроводной трубе диаметром d=50 мм, если протекающий по ней расход Q=100 л/с, кинематическая вязкость $\nu = 0{,}01 \cdot 10^{-4}$ м^2/с.

- ламинарный
- переходный
- турбулентный

13. Короткий трубопровод – это
- трубопровод, состоящий из одной линии труб и проводящие один и тот же расход жидкости
- трубопроводы, малой длины с большим количеством местных сопротивлений
- трубопроводы, подающие жидкость от источника до потребителя

14. Характеристика трубопровода – это
- график зависимости суммарной потери напора в трубопроводе от расхода
- напор, создаваемый насосом при постоянной частоте вращения вала насоса
- напор, который необходимо подвести к жидкости в первом входном сечении трубопровода для перемещения этой жидкости ко второму сечению

15.При параллельном соединении простых трубопроводов полный расход находится:
- $Q=Q_1=Q_2=\ldots=Q_n$
- $Q=Q_1*Q_2*\ldots*Q_n$
- $Q=Q_1+Q_2+\ldots+Q_n$

16.Гидравлический удар – это
- резкое повышение давления, возникающее в напорном трубопроводе при внезапном торможении потока
- резкое нонижение давления, возникающее в напорном трубопроводе при внезапном торможении потока
- нарушение сплошности потока жидкости, обусловленное появлением в нем пузырьков или полостей, заполненных паром или газом

17.Динамические насосы – это
- насосы, в которых сообщение энергии жидкости осуществляется периодическим изменением замкнутого объема при переменном сообщении его со входом и выходом насоса
- насосы в которых жидкость перемещается под воздействием гидродинамических сил, причем объем жидкости, находящейся внутри насоса, постоянно сообщается со входом и выходом насоса

18. Полезная мощность насоса - это
- энергия, которую приобретает жидкость при прохождении через насос
- энергия, подводимая к нему от двигателя за единицу времени
- расход жидкости через напорный (выходной) патрубок

19.Кавитационный запас – это
- повышение давления, возникающее в напорном трубопроводе при внезапном торможении потока
- нарушение сплошности потока жидкости, обусловленное появлением в нем пузырьков или полостей, заполненных паром или газом
- превышение полного напора жидкости во входном патрубке насоса над давлением ее насыщенного пара.

20. При параллельной работе насосов для определения суммарной характеристики их напоры …, а подача …

7. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Гриценко М.В., Гриценко А.В. Гидравлика. Учебное пособие. Благовещенск, 2003.

2. Кудинов В.А. Гидравлика. Учебное пособие. М.: Высш. шк., 2006.

Дополнительная литература

1. Самойлович Г.С. Гидрогазодинамика: Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 1990.
2. Самойлович Г.С., Нитусов В.В. Сборник задач по гидроаэромеханике. – М.: Машиностроение, 1986.
3. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учебник для вузов/ Башта Т.М. и др. – М.: Машиностроение, 1982.
4. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам./ Под общ. ред. Некрасова Б.Б. – Минск: Высшая школа, 1985.