

Министерство образованию Российской Федерации

«СЕВМАШВТУЗ»

Решения задач размещены на сайте zadachi24.ru

Е.Г. Лебедева

ГИДРОМЕХАНИКА

Методические указания и контрольные задания для студентов –
заочников.

Северодвинск

2016

ББК

Гидромеханика: Методические указания и контрольные задания для студентов – заочников. / Сост. Е.Г. Лебедева – Северодвинск: Севмашвтуз, 2007.- 30с.

Ответственный редактор к.т.н., профессор, зав. кафедрой
А.И.Лычаков

Рецензенты: д.т.н., профессор кафедры «Океанотехника
и СЭУ» Севмашвтуза А.А. Пшеницын;

ведущий инженер отдела МТО «Севмаш» -
В.В. Шестаков

Методические указания предназначены для студентов заочной формы обучения специальностей 14 12 00, 14 0000 и т.д. и содержат подробный список опорных вопросов по дисциплине «гидравлика» для самостоятельной подготовки, контрольные задания и примеры решения задач по рассматриваемой тематике. Приведен подробный список основной и справочной литературы для самостоятельного изучения.

Методические указания разработаны в помощь студентам - заочникам при самостоятельном изучении лекционного материала, при решении контрольных задач и подготовке к экзамену.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Севмашвтуза.

Севмашвтуз, 2007г.

СОДЕРЖАНИЕ.

1.	Пояснительная записка.	3
2.	Список рекомендуемой литературы.	4
3.	Содержание отдельных тем и вопросы для самопроверки.	5
4.	Примеры решений задач.	14
5.	Контрольные задачи.	20
6.	Таблицы к выбору заданий и значений.	36
7.	Вопросы к экзамену и зачету.	47

Список рекомендуемой литературы.

Основная

1. Гидравлика, гидравлические машины и гидроприводы./ Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. и др. М., 1970.
2. Некрасов Б.Б. Гидравлика и ее применение на летательных аппаратах, М., «Машиностроение».- 1967.
3. Штеренлихт Д.В. Гидравлика., М. « КолосС», - 2005.
4. Золотов С.С. Гидравлика судовых систем. Л. «Судостроение», 1970.
5. Сборник задач по машиностроительной гидравлике./под ред. И.И. Куколевского и Л.Г. Подвидза. М., 1974.
6. Задачник по гидравлике, гидромашинам и гидроприводу./ Под ред. Б.Б. Некрасова, М., « Высшая школа»., 1989.

Дополнительная

1. Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика: Справочное пособие, М., 1971.
2. Вильнер Я. М. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам. «Высшая школа», 1976.

Пояснительная записка.

В курсе — гидравлика — изучаются законы равновесия и движения жидкости, рассматриваются способы применения этих законов к решению практических инженерных задач.

При изучении материала по учебнику или конспекту лекций студент должен особое внимание обратить на углубленную проработку основных положений темы (раздела), используя для этой цели опорные пункты, основное предназначение которых — облегчить студенту работу с учебником или конспектом. Опорные пункты каждой темы заканчиваются вопросами для самопроверки, охватывающими наиболее существенные положения учебного материала.

Курс целесообразно изучать последовательно по темам (разделам), руководствуясь программой и методическими указаниями. Сначала следует изучить теоретическую часть раздела, затем решить и проанализировать приведенные примеры и задачи с решениями. После этого необходимо ответить на вопросы для самопроверки. Учебный материал можно считать проработанным и усвоенным при условии, если студент умеет правильно применить теорию для решения практических задач.

Один из учебников, рекомендуемый в списке учебной литературы, может быть принят в качестве основного. Другие учебники и учебные пособия используют в том случае, если прорабатываемый раздел отсутствует или недостаточно подробно изложен в основном учебнике.

Опорные вопросы.

ТЕМА 1. Основные свойства жидкости.

Определение жидкости. Силы, действующие на жидкость. Давление в жидкости. Сжимаемость. Закон Ньютона для жидкостного трения. Вязкость. Поверхностное натяжение. Давление насыщенного пара жидкости. Растворение газов в жидкости. Модель идеальной жидкости. Неньютоновские жидкости.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ К ТЕМЕ 1.

1. В чем состоит отличие жидкостей от твердых тел и газов?
2. Какова взаимосвязь между плотностью и удельным весом жидкости? Укажите их единицы.
3. Что называется коэффициентом объемного сжатия жидкости? Какова его связь с модулем упругости?
4. Что называется вязкостью жидкости? В чем состоит закон вязкого трения Ньютона?
5. В чем принципиальная разница между силами внутреннего трения в жидкости и силами трения при относительном и перемещении твердых тел?
6. Какова связь между коэффициентами кинематической и динамической вязкости? Укажите их единицы.
7. Укажите свойства реальной жидкости. С какой целью в гидравлике введено понятие об идеальной жидкости? В каких случаях при практических расчетах жидкость можно считать идеальной?

ТЕМА 2. Гидростатика.

Свойства давления в неподвижной жидкости. Уравнение Эйлера равновесия жидкости. Интегрирование уравнения Эйлера. Поверхности равного давления. Свободная поверхность жидкости. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля. Приборы для измерения давления. Силы давления жидкости на плоские и

криволинейные стенки. Закон Архимеда. Плавание тел. Относительный покой жидкости.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ К ТЕМЕ 2.

1. Каковы свойства гидростатического давления? 2. Объясните физический смысл величин, входящих в дифференциальные уравнения равновесия жидкости Эйлера. 3. Что такое поверхность равного уровня (давления) и каковы ее форма и уравнение при абсолютном покое жидкости, в случае движения сосуда по горизонтальной плоскости с ускорением, при вращении сосуда вокруг вертикальной оси? 4. Как формулируется закон Паскаля и какова его связь с основным уравнением гидростатики? 5. Каковы соотношения между абсолютным давлением, избыточным и вакуумом? Что больше: абсолютное давление, равное 0,12 МПа, или избыточное, равное 0,06 МПа? 6. Чему равна пьезометрическая высота (в метрах водяного столба) для атмосферного давления? 7. Почему центр давления всегда находится ниже центра тяжести смоченной поверхности наклонной плоской стенки? 8. Сформулируйте закон Архимеда. В каких случаях положение судна будет устойчивым и неустойчивым?

ТЕМА 3. Кинематика и динамика жидкости.

Виды движения жидкости. Основные понятия кинематики жидкости. 6 линия тока, трубка тока, элементарная струйка, живое сечение потока, расход. Поток жидкости. Средняя скорость. Уравнение неразрывности. Дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости. Уравнения Бернулли для установившегося движения идеальной жидкости. Геометрическая и энергетическая интерпретация уравнения Бернулли. Уравнение Бернулли для реального потока. Коэффициент Кориолиса. Общие

сведения о гидравлических потерях. Примеры использования уравнения Бернулли в технике.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ К ТЕМЕ 3.

1. Дайте определение и приведите примеры основных видов движения жидкости: установившегося и неуставившегося, напорного и безнапорного, равномерного и неравномерного, медленно изменяющегося. 2. Что такое линия тока, трубка тока и элементарная струйка? 3. Какое уравнение выражает закон сохранения массы? 4. При каких условиях сохраняется постоянство расход вдоль потока? 5. Укажите физический смысл величин, входящих в дифференциальные уравнения Эйлера гидродинамики. 6. Объясните геометрический и физический смысл понятий: уклоны. Может ли быть отрицательным гидравлический уклон? 7. Какие существуют ограничения в применении уравнения Бернулли? 8. К каким выражениям приводится уравнение Бернулли в случаях: а) неподвижной жидкости; б) равномерного движения в горизонтальном трубопроводе; в) истечения жидкости из сосуда через круглое небольшое отверстие. 9. Каковы причины возникновения потерь напора при движении вязкой жидкости? Дайте определение понятию «гидравлические потери, напор».

ТЕМА 4. Режимы движения жидкости и основы теории гидродинамического подобия.

Основы теории гидродинамического подобия. Виды подобия. Условие подобия. Критерии подобия. Числа Фруда, Рейнольдса и т.д. Виды течений жидкости.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ К ТЕМЕ 4 .

1. От каких характеристик потока зависит режим движения жидкости? 2. В чем отличие турбулентного течения от

ламинарного? 3. Поясните физический смысл и практическое значение критерия Рейнольдса. 4. Сформулируйте условия гидродинамического подобия потоков и гидравлических машин. 5. Объясните физический смысл критериев Рейнольдса, Фруда, Эйлера. В каких случаях должны применяться эти критерии?

ТЕМА 5. Ламинарное течение жидкости.

Ламинарный: режим движения жидкости. Распределение скоростей по сечению круглой трубы при ламинарном течении. Потери напора на трение по длине трубы (формула Пуазейля). Начальный участок потока. Особые случаи ламинарного течения (переменная вязкость).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ К ТЕМЕ 5.

1. Укажите закон распределения касательных напряжений в цилиндрическом трубопроводе при ламинарном режиме течения. 2. Изобразите эпюру скоростей в цилиндрическом трубопроводе при ламинарном движении жидкости. Каково соотношение между средней и максимальной скоростями? 3. От каких параметров потока зависят потери на трение по длине при ламинарном движении жидкости? 4. Каковы особенности движения жидкости в начальном участке ламинарного течения? Как определить длину этого участка и потери напора в нем?

ТЕМА 6. Турбулентное течение жидкости.

Особенности турбулентного движения жидкости. Пульсация скоростей и давлений. Распределение осредненных скоростей по сечению. Касательные напряжения в турбулентном потоке. Потери напора в трубах. Формула Дарси и коэффициент потерь на трение по длине (коэффициент Дарси). Шероховатость стенок абсолютная

и относительная. График Никурадзе. Гидравлически гладкие и шероховатые трубы. Формулы для определения коэффициента Дарси и область их применения.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ К ТЕМЕ 6.

1. В чем отличие турбулентного течения от ламинарного? 2. Чем отличается распределение скоростей в цилиндрическом трубопроводе при ламинарном и турбулентном режимах движения жидкости? При каком режиме имеет место большая неравномерность скоростей и почему? 3. Объясните понятие «гладкие» и «шероховатые» поверхности. Может ли одна и та же труба быть «гидравлически гладкой» и «гидравлически шероховатой»? В каком случае? 4. Объясните основные линии и зоны сопротивления на графике Никурадзе. 5. Какова зависимость между потерей напора и средней скоростью течения жидкости в различных зонах и линиях на графике Никурадзе? 6. От каких факторов зависит коэффициент гидравлического трения при турбулентном течении и по каким формулам его можно определить?

ТЕМА 7. Местные гидравлические сопротивления.

Основные виды местных сопротивлений. Коэффициент местных сопротивлений. Местные потери напора при больших числах Рейнольдса. Внезапное расширение трубы (теорема Борда). Диффузоры. Сужение трубы. Колена. Местные потери напора при малых числах Рейнольдса. Эквивалентные длины труб. Кавитация в местных гидравлических сопротивлениях.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ К ТЕМЕ 7.

1. Какие сопротивления называются местными? 2. По какой формуле определяются потери, вызванные местными

сопротивлениями? 3. Как определить потерю напора при внезапном расширении трубопровода? 4. В каком сечении берется средняя скорость, входящая в формулу потерь? 5. В чем принцип наложения потерь? 6. Как определяется коэффициент сопротивления системы трубопроводов (суммарный коэффициент сопротивления)?

ТЕМА 8. Истечение жидкости через отверстия и насадки

Истечение жидкости через отверстия в тонкой стенке при постоянном напоре. Коэффициенты сопротивления, сжатия, скорости, расхода. Истечение жидкости через цилиндрический насадок. Насадки различного типа. Истечение при переменном напоре. Понятие о струйной технике.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ К ТЕМЕ 8.

1. Как связаны между собой коэффициенты сопротивления, сжатия, скорости и расхода? Поясните физический смысл этих коэффициентов. 2. В каком случае сжатие струи называется неполным, несовершенным? Как неполнота и несовершенство сжатия влияют на коэффициент расхода? 3. Как рассчитываются затопленные отверстия и насадки? 4. Какое влияние оказывает вязкость жидкости при истечении из отверстий и насадков? 5. Как изменяются расход и скорость при истечении жидкости через цилиндрический насадок по сравнению с истечением ее из круглого отверстия того же диаметра и под тем же напором? 6. Чем отличается «насадок» от «трубы»? 7. В чем особенности истечения жидкости из большого отверстия по сравнению с истечением ее из малого отверстия? 8. Какие режимы истечения могут наблюдаться при истечении через насадок в газовую среду? 9. Понятие критического напора.

ТЕМА 9. Гидравлический расчет трубопроводов

Основное расчетное уравнение простого трубопровода. Понятие об определении экономически наивыгоднейшего диаметра трубопровода. Последовательное и параллельное соединение трубопроводов. Сложные трубопроводы. Трубопровод с насосной подачей.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ К ТЕМЕ 9.

Какие трубопроводы называются короткими и длинными, простыми и сложными? В чем особенности гидравлического расчета таких трубопроводов? 2. Изложите методику решения трех типовых задач расчета простого короткого трубопровода. 3. Какова особенность расчета трубопроводов с параллельным соединением линий? 4. Чем отличается определение диаметра магистрального трубопровода и его ответвлений при расчете тупиковой водопроводной сети? 5. В чем особенность расчета трубопроводов с насосной подачей жидкости?

ТЕМА 10. Неустановившееся движение жидкости.

Неустановившееся движение несжимаемой жидкости в жестких трубах с учетом инерционного напора. Явление гидравлического удара. Формула Жуковского для прямого удара. Понятие о непрямом ударе. Способы ослабления гидравлического удара.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ К ТЕМЕ 10.

1. Напишите формулу для определения инерционного напора. Объясните физический смысл входящих в нее величин. 2. Как изменится положение пьезометрической линии для трубы с постоянным диаметром при возникновении положительного и

отрицательного локального ускорения? 3. Что называется прямым и непрямым гидравлическим ударом? Что называется фазой гидравлического удара? Как она влияет на величину повышения давления при гидравлическом ударе? 4. Что такое скорость распространения ударной волны? От каких величин она зависит? 5. Чем гасится колебательный процесс, имеющий место при гидравлическом ударе? 6. Как можно уменьшить или предотвратить ударное повышение давления? 7. Что называется отрицательным гидравлическим ударом и когда он может возникнуть?

ТЕМА 11. Взаимодействие потока со стенками.

Воздействие струи на твердые преграды. Силы воздействия потока на стенки.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ К ТЕМЕ 11.

1. Сформулируйте теорему об изменении количества движения. 2. Чему равна реактивная сила взаимодействия между струей и твердым телом? 3. Чему равно реактивное давление струи на плоскую стенку?

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ.

Пример 1. Определить высоту столба воды в пьезометре над уровнем жидкости в закрытом сосуде. Вода в сосуде находится под абсолютным давлением $p'_1 = 106 \text{ кПа}$.

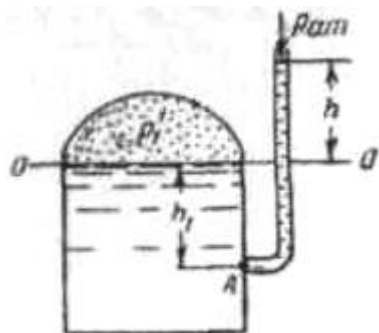


Рис А.

(рис.А).

Решение. Составим условия равновесия для общей точки А (рис.А).

Давление в точке А слева: $p' = p'_1 + \rho g h_1$.

Давление справа: $p' = p_{\text{атм}} + \rho g h + \rho g h_1$.

Приравнивая правые части уравнений и сокращая на $\rho g h_1$, получаем: $p'_1 = p_{\text{атм}} + \rho g h$.

Указанное уравнение можно также получить, составив условие равновесия для точек, расположенных в любой горизонтальной плоскости, например в плоскости 0-0 (рис А). Примем за начало шкалы отсчета пьезометра плоскость 0-0 и из полученного уравнения найдем высоту столба воды в пьезометре h . Высота

$h = \frac{p'_1 - p_{\text{атм}}}{\rho g}$, т.е. пьезометр измеряет величину

манометрического давления, выраженного высотой столба жидкости.

Для условий задачи $p'_1 - p_{\text{атм}} = 106 - 100 = 6 \text{ кПа}$.

$$h = \frac{p'_1 - p_{\text{атм}}}{\rho g} = \frac{6 \cdot 10^3}{1000 \cdot 9,8} = 0,6 \text{ м}.$$

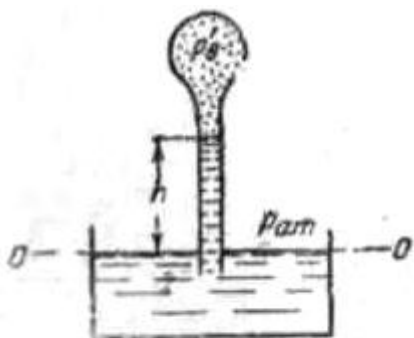


Рис В

Пример 2. Определить высоту, на которую поднимается вода в вакуумметре, если абсолютное давление воздуха

внутри баллона $p'_B = 0,095 \text{ МПа}$ (рис.В). Сформулировать, какое давление измеряет вакуумметр.

Решение. Составим условие равновесия относительно горизонтальной плоскости 0-0.

Гидростатическое давление, действующее изнутри $p'_o = p'_B + \rho g h$.

Гидростатическое давление в плоскости 0-0, действующее с внешней стороны, $p'_o = p_{\text{атм}} - p'_B$

Так как система находится в равновесии, то, $p_{\text{атм}} = p'_B + \rho g h$ и

$h = \frac{p_{\text{атм}} - p'_B}{\rho g}$, т.е. вакуумметр измеряет недостаток давления до атмосферного или вакуум, выраженный высотой столба жидкости.

Подставляем числовые значения:

$$p_{\text{атм}} - p'_B = 0,1 - 0,095 = 0,005 * 10^6 \text{ Па};$$

$$h = \frac{p_{\text{атм}} - p'_B}{\rho g} = \frac{5 * 10^3}{1000 * 9,81} = 0,5 \text{ м}.$$

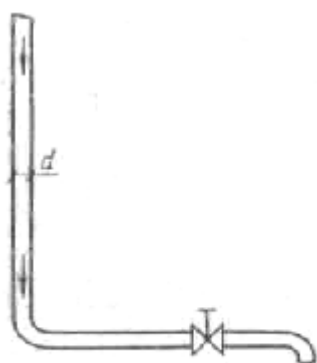


Рис С.

Пример 3. В стальном трубопроводе системы горячего водоснабжения диаметром $d = 0,0125 \text{ м}$, длиной $L = 100 \text{ м}$ движется вода со скоростью $v = 0,5 \text{ м/с}$. Температура воды 50°C . На трубопроводе имеются два поворота под углом $\alpha = 90^\circ$ и пробковый кран. Определить потери давления. (рис.С).

Решение. Суммарные потери давления $\Delta p_{\text{пот}}$ складываются из потерь на трение по длине $\Delta p_{\text{тр}}$ и потерь в местных сопротивлениях $\Delta p_{\text{м}}$.

$$\text{Число Рейнольдса (при } \nu = 0,55 * 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}) \text{ } Re = \frac{Vd}{\nu} = \frac{0,5 * 0,0125}{0,55 * 10^{-6}} = 11800$$

Для стального трубопровода $k_s = 5 \cdot 10^{-5}$; относительная шероховатость будет равна

$$\frac{k_s}{d} = \frac{5 \cdot 10^{-5}}{0.0125} = 4 \cdot 10^{-3}.$$

Следовательно, по графику I трубопровод работает в переходной

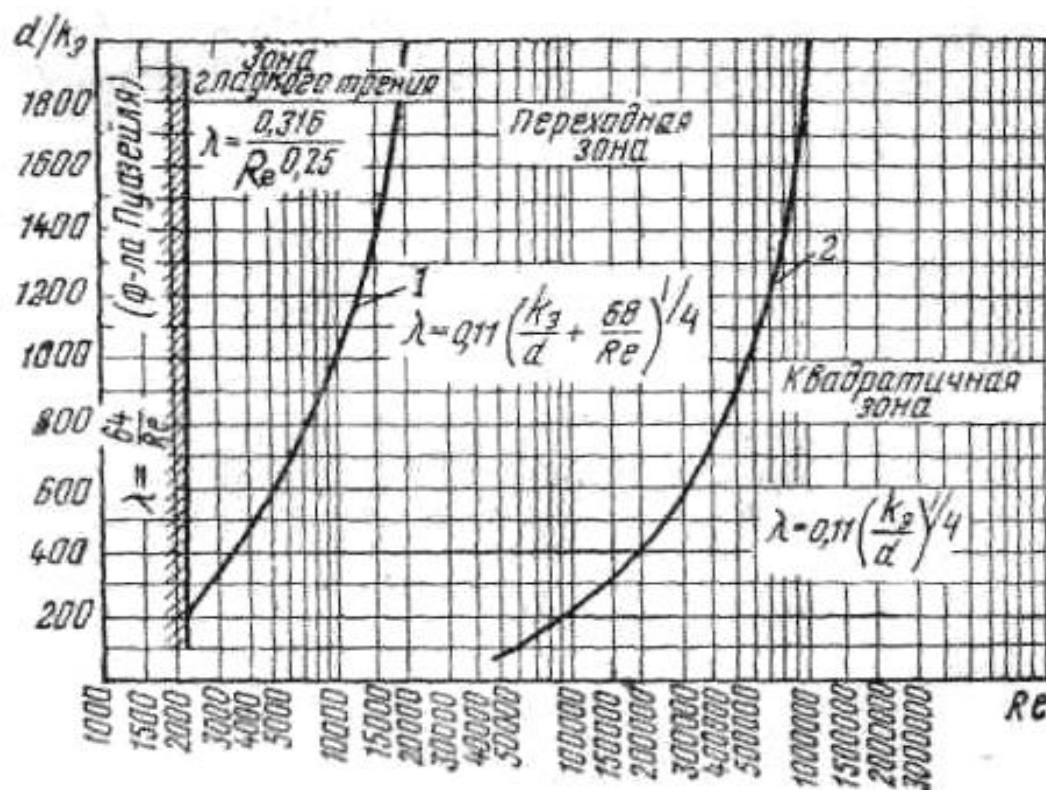


График I.

области сопротивления. Коэффициент гидравлического трения находим по формуле:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k_s}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} = 0,11 \left(4 \cdot 10^{-3} + \frac{68}{11,8 \cdot 10^3} \right)^{0,25} = 0,035.$$

Потеря давления на трение по длине трубопровода при $\rho = 988,1 \text{ кг/м}^3$ (в зависимости от температуры, также как и вязкость):

$$\Delta p_{mp} = \rho \lambda \frac{L V^2}{d \cdot 2} = 988,1 \cdot 0,035 \cdot \frac{100}{0,0125} \cdot \frac{0,5^2}{2} = 3,56 \cdot 10^4 \text{ Па}.$$

Коэффициенты местных сопротивлений определяем по формуле:

$$\zeta = \frac{A}{\text{Re}} + \zeta_{\kappa\theta}.$$

Для поворота на 90° $A=400$ и $\zeta_{\kappa\theta}=1,4$;

Для пробкового крана $A=150$ и $\zeta_{\kappa\theta}=0,4$.

Сумма местных сопротивлений

$$\Sigma \zeta = 2 * \zeta_{\text{пов}} + \zeta_{\text{кран}} = 2 * \left(\frac{400}{11800} + 1,4 \right) + \left(\frac{150}{11800} + 0,4 \right) = 3,27.$$

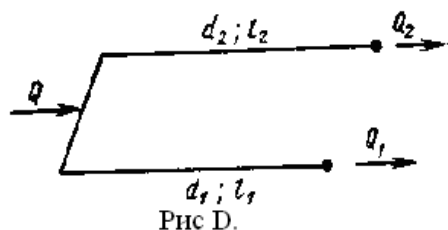
Местные потери напора:

$$\Delta p_{\text{м}} = \rho \Sigma \zeta \frac{V^2}{2} = 988,1 * 3,27 * \frac{0,5^2}{2} = 420 \text{ Па}.$$

Суммарные потери напора:

$$\Delta p_{\text{пот}} = \Delta p_{\text{м}} + \Delta p_{\text{тр}} = 3,56 * 10^4 + 420 = 36 \text{ кПа}.$$

Пример 4. Определить потери давления $\Delta p_{\text{тр}}$ в магистральных



гидропередач (рис.D), если расходы

жидкости $Q=0,0001 \text{ м}^3/\text{с}$, $Q_2=0,0002 \text{ м}^3/\text{с}$

диаметры трубопроводов $d_1=0,005 \text{ м}$,

$d_2=0,01 \text{ м}$, длина $l_1=1 \text{ м}$, $l_2=2 \text{ м}$,

плотность рабочей жидкости $\rho=$

900 кг/м^3 , кинематическая вязкость $\nu=6,5 * 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$.

Решение. Вычислим число Рейнольдса для каждой ветви системы

гидропередачи, учитывая, что скорость $V = \frac{4Q}{\pi d^2}$

$$\text{Re}_1 = \frac{4Q_1}{\pi d_1 \nu} = 390.$$

$$\text{Re}_2 = \frac{4Q_2}{\pi d_2 \nu} = 390.$$

В обеих магистральных режим течения ламинарный.

Коэффициент гидравлического трения находим по формуле

Пуазейля:

$$\lambda = 64/\text{Re} = 64/390 = 0,164.$$

Потери давления в каждой ветви определим по формуле

$$\Delta p_{mp1} = \rho \lambda_1 \frac{L_1}{d_1} \frac{V_1^2}{2} = 900 * 0,164 \frac{1}{0,005} * \frac{(4 * 10^{-4})^2}{2 * 3,14^2 * (0,005)^4} = 374 \text{ кПа};$$

$$\Delta p_{mp2} = \rho \lambda_2 \frac{L_2}{d_2} \frac{V_2^2}{2} = 900 * 0,164 \frac{2}{0,01} * \frac{(4 * 2 * 10^{-4})^2}{2 * 3,14^2 * (0,01)^4} = 94 \text{ кПа}.$$

Пример 5. Как изменится число Рейнольдса при переходе от меньшего диаметра к большему при сохранении постоянного расхода Q?

Решение. Число Рейнольдса: $\text{Re} = \frac{Vd}{\nu} = \frac{4Q}{\pi d \nu}.$

Следовательно, число Рейнольдса уменьшается во столько же раз, во сколько увеличивается диаметр труб.

Пример 5. Определить силу суммарного давления воды на плоский щит, перекрывающий канал, и усилие, которое необходимо приложить для подъема щита. Определить центр давления. Ширина канала $b=1,8\text{м}$, глубина воды в нем $h=2,2\text{м}$. Вес щита $G=15\text{кН}$. Коэффициент трения щита по опорам $f=0,25$ (рис.

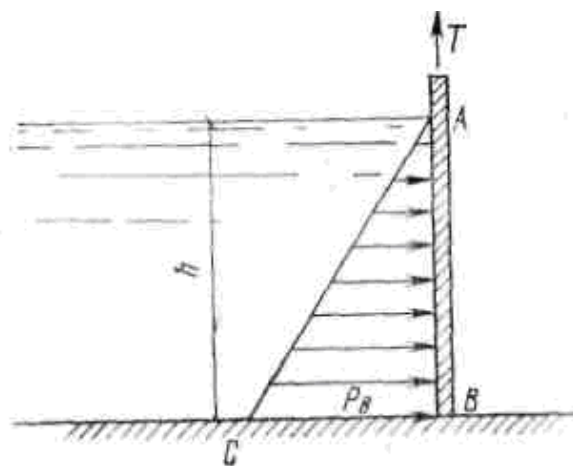


Рис Е.

Е).

Решение. Определяем силу суммарного давления на щит

$$P = p_c S = \rho g h_c b h = \rho g h^2 b / 2 = 1000 * 9,81 * 2,2^2 * 1,8 / 2 = 42,6 \text{ кН}, \text{ где } h_c = h/2.$$

В точке В гидростатическое давление $p_B = \rho g h = 1000 * 9,81 * 2,2 = 21,58 \text{ кПа}.$

Центр давления определится по формуле: $h_D = h_C + \Delta h$, где

$$\Delta h = \frac{I_{x0}}{h_C S} = \frac{\frac{b \cdot h^3}{12}}{\frac{h}{2} S} = \frac{\frac{1.6 \cdot 2.2^3}{12}}{\frac{2.2}{2} \cdot 1.6 \cdot 2.2} = \frac{2.2}{6} = 0,37 \text{ м.}$$

I_{x0} -момент инерции прямоугольного сечения. Тогда

$$h_D = h/2 + \Delta h = 2.2/2 + 0.37 = 1.47 \text{ м.}$$

Усилие необходимое для подъема щита:

$$T = G + f \cdot P = 15 + 0.25 \cdot 42.6 = 26.6 \text{ кН.}$$

Пример 6. Определить скорость перемещения поршня вниз, если к его штоку приложена сила $F = 10 \text{ кН}$. Поршень диаметром $D = 50 \text{ мм}$ имеет пять отверстий диаметром $d_0 = 2 \text{ мм}$ каждое. Отверстия рассматривать как внешние цилиндрические насадки с коэффициентом расхода $\mu = 0,82$; $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$.

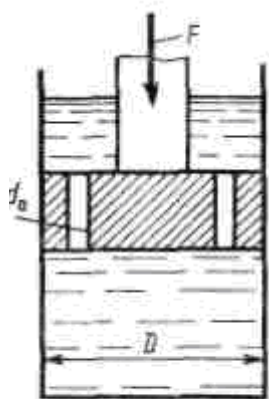


Рис. F.

Решение. Определим давление в жидкости, появляющееся вследствие действия силы F :

$$p = F/S,$$

где

$$S = \frac{\pi D^2}{4} - 5 \cdot \frac{\pi d_0^2}{4} = \frac{\pi (50 \cdot 10^{-3})^2}{4} - 5 \cdot \frac{\pi (2 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 1946,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

$$p = F/S = 10 \cdot 10^3 / 1946,8 \cdot 10^{-6} = 5,13 \text{ МПа.}$$

Скорость перемещения поршня определим из условия равенства жидкости, перетекающей из нижней полости в верхнюю через малые отверстия.

На сколько в секунду переместился поршень вниз на такой объем прибыло жидкости над поршнем: $Q = Q_o$.

$$Q = V/t = u_n \cdot S_n - \text{такой объем вытеснил поршень из нижней полости.}$$

$$Q_o = 5\mu \cdot u_o \cdot S_o = 5\mu S_o \sqrt{\frac{2p}{\rho}} \text{ - перетекло через отверстия.}$$

$$\text{Приравнивая правые части получим: } u_n \cdot S_n = 5\mu S_o \sqrt{\frac{2p}{\rho}}.$$

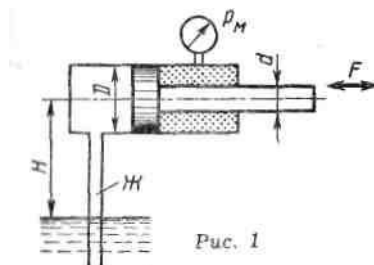
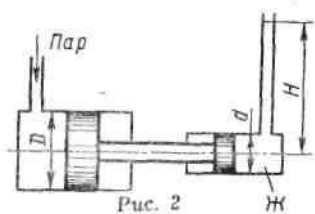
$$\text{Откуда } u_n = 5\mu \frac{S_o}{S_n} \sqrt{\frac{2p}{\rho}} = 5\mu \left(\frac{d_o}{D}\right)^2 \sqrt{\frac{2p}{\rho}} = 5 * 0.82 \left(\frac{2}{50}\right)^2 \sqrt{\frac{2 * 5.13 * 10^6}{900}} = 0.7 \text{ м/с}.$$

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ.

Номера контрольных задач выбираются согласно последней цифре номера зачетной книжки студента (см. табл. 1), числовые значения указанных в задаче величин - по предпоследней цифре шифра зачетной книжки студента (табл. 2.).

ЗАДАЧИ.

1. Определить величину и направление силы F , приложенной к штоку поршня для удержания его на месте. Справа от поршня находится воздух, слева от поршня и в резервуаре, куда опущен открытый конец трубы,— жидкость Ж (рис. 1). Показание пружинного манометра — p_m



2. Паровой прямодействующий насос подает жидкость Ж на высоту H (рис. 2). Каково рабочее давление пара, если диаметр парового цилиндра D , а насосного цилиндра d ? Потерями на трение пренебречь.

3. Определить силу прессования F , развиваемую гидравлическим прессом, у которого диаметр большего плунжера D , диаметр меньшего плунжера d . Большой плунжер расположен выше меньшего на величину H , рабочая жидкость Ж, усилие, приложенное к рукоятке, R (рис. 3.)

4. Замкнутый резервуар разделен на две части плоской перегородкой, имеющей квадратное отверстие со стороной a , закрытое

крышкой (рис. 4). Давление над жидкостью Ж в левой части резервуара определяется показаниями манометра p_m , давление воздуха в правой части - показаниями мановакуумметра p_v . Определить величину и точку приложения результирующей силы давления на крышку.

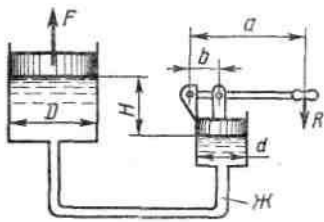


Рис. 3

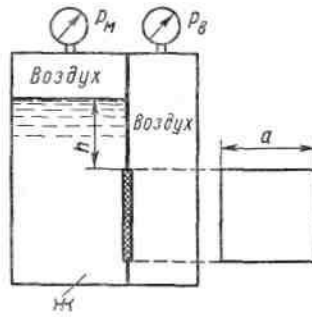


Рис. 4

5. Шар диаметром D наполнен жидкостью Ж. Уровень жидкости в пьезометре, присоединенном к шару, установился на высоте $Я$ от оси шара. Определить силу давления на боковую половину внутренней поверхности шара (рис. 5). Показать на чертеже вертикальную и горизонтальную составляющие, а также полную силу давления.

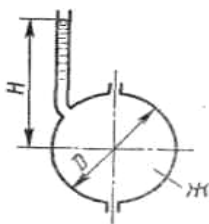


Рис. 5

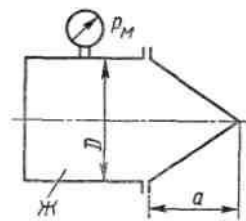


Рис. 6

7. Определить высоту столба ртути h_2 (рис.7), если расположение центра трубопровода А повысится по сравнению с указанным на рис. 7 и станет на h_1 выше линии раздела между Ж и ртутью. Манометрическое давление в трубе принять прежним p_m .

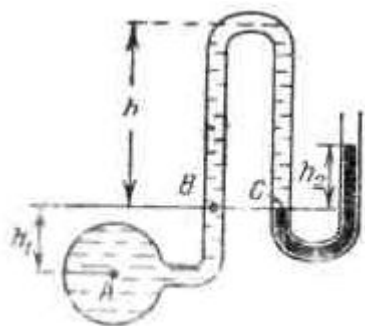


Рис 7.

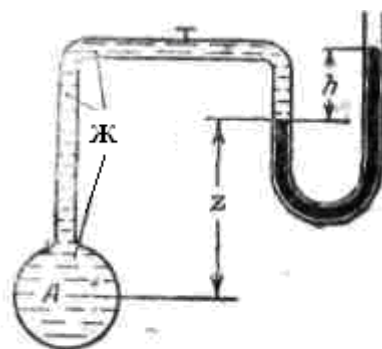


Рис 8.

8. Определить, на какой высоте z установится уровень ртути в пьезометре, если при манометрическом давлении в трубе p_m и показании h система находится в равновесии (рис.8).

9. В закрытом резервуаре (рис. 9) находится Ж под давлением. Для измерения уровня Ж в резервуаре выведен справа пьезометр. Левый пьезометр предназначен для измерения давления в резервуаре. Определить какую нужно назначить высоту z левого пьезометра, чтобы измерить максимальное манометрическое давление в резервуаре $p_m = 600 \text{ кг/м}^2$ при показании правого пьезометра h .

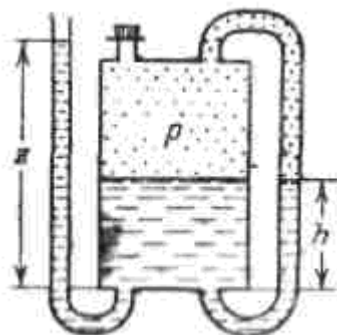


Рис 9.

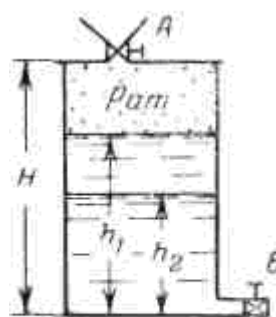


Рис 10.

10. В цилиндрический сосуд при закрытом кране В и открытом кране А наливается ртуть при атмосферном давлении до высоты h_1 . Высота сосуда H . Затем кран А закрывается, а кран В открывается. Ртуть начинает вытекать из сосуда в атмосферу. Предполагая, что процесс происходит изотермически, определить вакуум в сосуде при новом положении уровня h_2 в момент равновесия (рис.10).

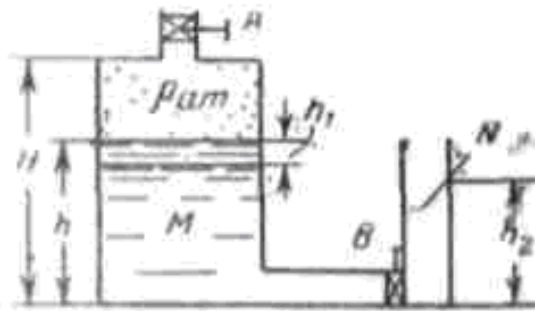


Рис 11.

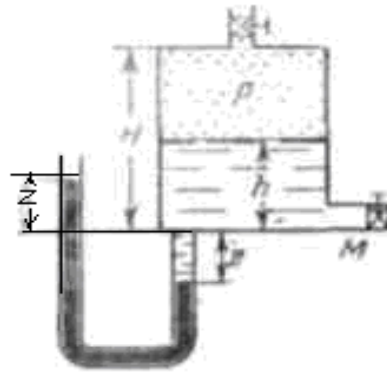


Рис 12.

11. В сосуд М, соединенный с сосудом N (рис.11), при закрытом кране В наливается ртуть при атмосферном давлении до высоты h . Затем кран А закрывается, кран В открывается. Ртуть из сосуда М начинает выливаться открытый сосуд N, сообщающийся с атмосферой. Определить: на какую высоту h_1 опустится уровень в сосуде М при установлении равновесия, если площадь поперечного сечения левого сосуда S_1 , а правого S_2 ? Высота сосуда Н. На какую высоту h_2 поднимется ртуть в правом сосуде? Чему будет равно абсолютное давление в сосуде? Принять, что процесс изотермический.

12. К дну резервуара присоединен U-образный пьезометр, один конец которого открыт и сообщается с атмосферой (рис.12). В резервуар по трубопроводу М нагнетается жидкость Ж. Считая, что в начальный момент давление в резервуаре было атмосферным, определить высоту столба жидкости h в резервуаре, если ртуть в левой трубке пьезометра; поднялась на z по сравнению с первоначальным положением, а в правой опустилась на ту же величину, уступив место жидкости. Высота резервуара Н. Процесс считать изотермическим.

13. Определить при помощи дифференциального манометра разность давлений в точках В и А двух трубопроводов, заполненных жидкостью Ж. Высота столба ртути $h_1 - h_2 = h$. (рис.13).

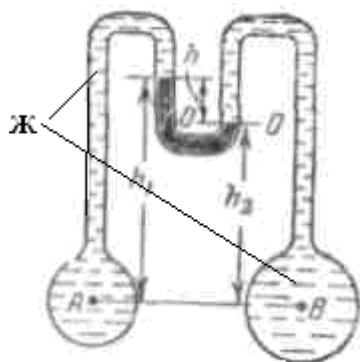


Рис 13.

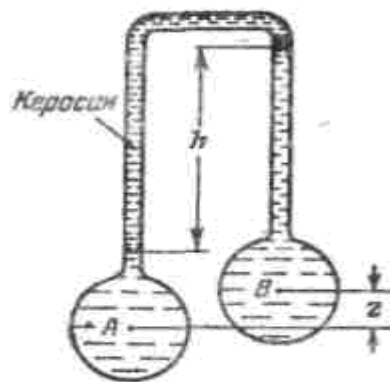


Рис 14.

14. Для схемы, показанной на рис. 14, превышение точки В над точкой А равно z . В качестве рабочей жидкости применена жидкость Ж. Определить разность давлений в баллонах при показании прибора h , если в баллонах а) жидкость Ж, б) вода.

Чему была бы равна разность давлений в баллонах, если бы в случае а) центры баллонов располагались на одной отметке, а показание прибора h осталось прежним?

15. При истечении жидкости из резервуара в атмосферу по горизонтальной трубе диаметра d и длиной $2L$ уровень в пьезометре, установленном посередине длины трубы, равен h (рис.15). Определить расход Q и коэффициент гидравлического трения трубы λ , если статический напор в баке постоянен и равен H . Сопротивлением входа в трубу пренебречь.

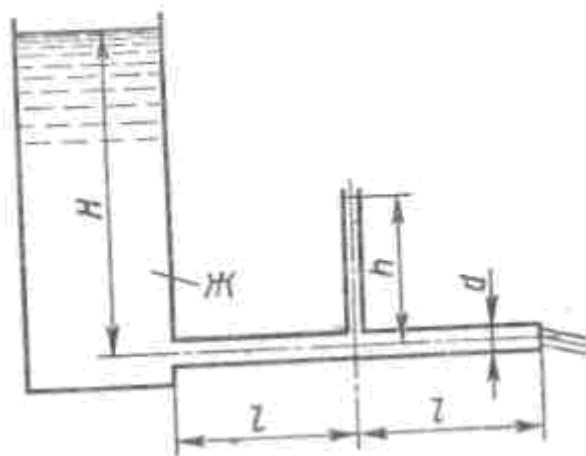


Рис 15.

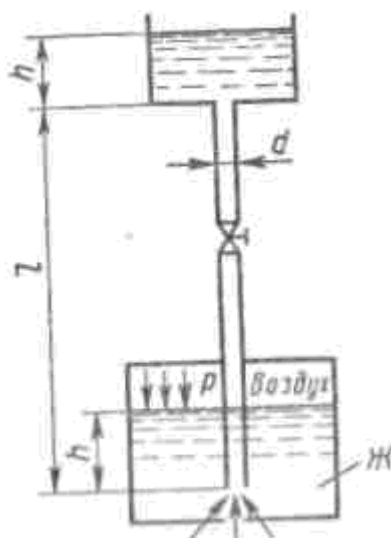


Рис 16.

16. Жидкость Ж подается в открытый верхний бак по вертикальной трубе длиной L и диаметром d за счет давления воздуха в нижнем замкнутом резервуаре (рис.16). Определить давление p воздуха, при котором расход будет равен Q . Принять коэффициенты сопротивления: вентиля $\zeta_v=8,0$; входа в трубу $\zeta_{\text{вх}}=0,5$; выхода в бак $\zeta_{\text{вых}}=1,0$. Эквивалентная шероховатость стенок трубы $k_s=0,2$ мм.

17. Поршень диаметром D движется равномерно вниз в цилиндре, подавая жидкость Ж в открытый резервуар с постоянным уровнем (рис. 17). Диаметр трубопровода d , его длина L . Когда поршень находится ниже уровня жидкости в резервуаре на $H=5$ м, потребная для его перемещения сила равна F . Определить скорость поршня и расход жидкости в трубопроводе. Коэффициент гидравлического трения трубы принять $\lambda=0,03$. Коэффициент сопротивления входа в трубу $\zeta_{\text{вх}}=0,5$. Коэффициент сопротивления выхода в резервуар $\zeta_{\text{вых}}=1,0$.

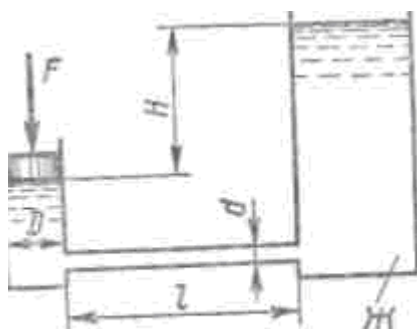


Рис 17.

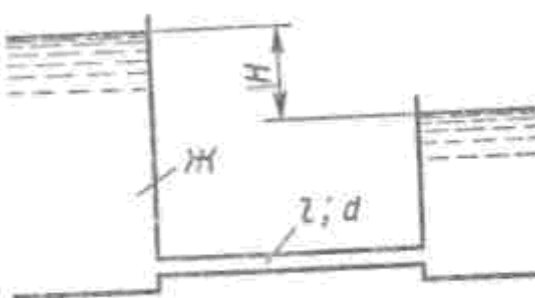


Рис 18.

18. Определить диаметр трубопровода, по которому подается жидкость Ж с расходом Q , из условия получения в нем максимально возможной скорости при сохранении ламинарного режима. Температура жидкости $t=20^\circ\text{C}$.

19. При ламинарном режиме движения жидкости по горизонтальному трубопроводу диаметром $d=30$ см расход равнялся Q , а падение пьезометрической высоты на участке данной L

составило h . Определить кинематический и динамический коэффициенты вязкости перекачиваемой жидкости.

20. По трубопроводу диаметром d и длиной L движется жидкость Ж (рис.18). Чему равен напор H , при котором происходит смена ламинарного режима турбулентным? Местные потери напора не учитывать. Температура жидкости $t=20^{\circ}\text{C}$.

21. Определить критическую скорость, отвечающую переходу от ламинарного режима к турбулентному, в трубе диаметром d при движении воды и воздуха при температуре 25°C и глицерина при температуре 20°C .

22. Определить число Рейнольдса и режим движения воды в водопроводной трубе диаметром d , если протекающий по ней расход: Q , а температура воды t .

23. Применяемые в водоснабжении и канализации трубы имеют минимальный диаметр $d=12$ мм и максимальный диаметр $d=3500$ мм. Расчетные скорости движения воды в них $v=0,5\sim 4$ м/с. Определять минимальное и максимальное значения чисел Рейнольдса и режим течения воды в этих трубопроводах. Указание: температура воды в системах канализации может изменяться в пределах от 0 до 30° . Использовать минимальную и максимальную вязкость при данных температурах.

24. Конденсатор паровой турбины, установленный на тепловой электростанции, оборудован 8186 охлаждающими трубками диаметром d . В нормальных условиях работы через конденсатор пропускается Q циркуляционной воды с температурой $12,5\text{—}13^{\circ}\text{C}$. Будет ли при этом обеспечен турбулентный режим движения в трубках?

25. Определить потери напора при подаче воды со скоростью V через трубку диаметром d и длиной L при температуре воды $t=10^{\circ}\text{C}$.

26. Определить потери напора при подаче воды со скоростью V , при температуре $t=10^{\circ}\text{C}$ по трубопроводу диаметром d , длиной L . Трубы стальные новые.

27. Определить потери напора в водопроводе длиной L при подаче Q , при температуре $t=10^{\circ}\text{C}$ по трубопроводу диаметром d и $k_{\text{э}}=1,35\text{мм}$. Трубы чугунные, бывшие в эксплуатации.

28. Определить манометрическое давление, которое должен создавать насос (рис. 19), чтобы подать воду в количестве $Q=15\text{л/с}$ в водонапорный бак на высоту h по трубопроводу длиной L . Диаметр труб $d=150\text{мм}$. При расчете высоту выступов шероховатости принять $k_{\text{э}}=1,35\text{мм}$, как для нормальных труб после ряда лет эксплуатации. Температуру воды принять $t=15^{\circ}\text{C}$.

29. Для системы, показанной на рис 20. определить напор H , обеспечивающий пропуск воды расходом Q . Длины участков труб и диаметры L_1, d_1 и L_2, d_2 . Расширение выполнено под углом 30° . Уровни в резервуарах постоянные: $h_1=4,5\text{м}$ и $a=0,5\text{м}$. Скоростным напором в резервуаре пренебречь.

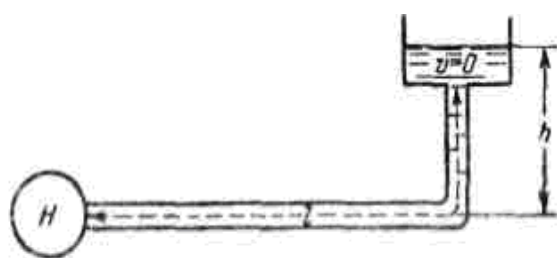


Рис 19.

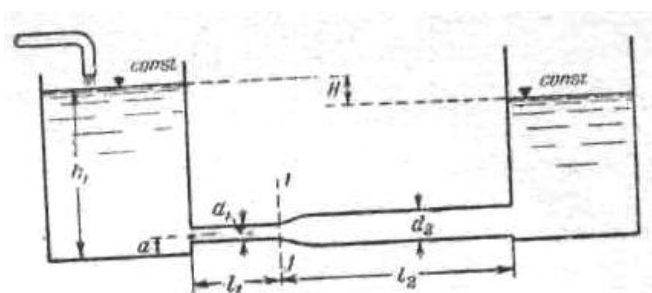


Рис 20.

30. На поршень диаметром D действует сила F (рис.21). Определить скорость движения поршня, если в цилиндре находится вода, диаметр отверстия в поршне d , толщина поршня a . Силой трения поршня о цилиндр пренебречь, давление жидкости на верхнюю плоскость поршня не учитывать.

31. Определить длину трубы L , при которой опорожнение

цилиндрического бака диаметром D на глубину H будет происходить в два раза медленнее, чем через отверстие того же диаметра d . Коэффициент гидравлического трения в трубе принять $\lambda=0,025$ (рис. 22).

32. Определить длину трубы L , при которой расход жидкости из бака будет в два раза меньше, чем через отверстие того же диаметра d . Напор над отверстием равен H . Коэффициент гидравлического трения в трубе принять $\lambda=0,025$ (рис. 22).

33. Определить диаметр d горизонтального стального трубопровода длиной $L = 20\text{м}$, необходимый для пропуска по нему воды в количестве Q , если располагаемый напор равен H . Эквивалентная шероховатость стенок трубы $k_s = 0,15\text{мм}$.

Указание. Для ряда значений d и заданного Q определяется ряд значений потребного напора H . Затем строится график $H_{\text{пот}}=f(d)$ и по заданному H определяется d .

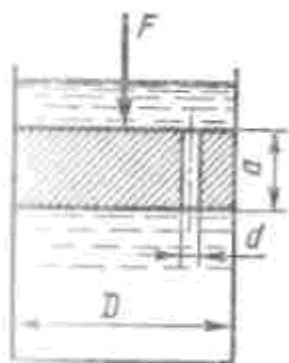


Рис 21.

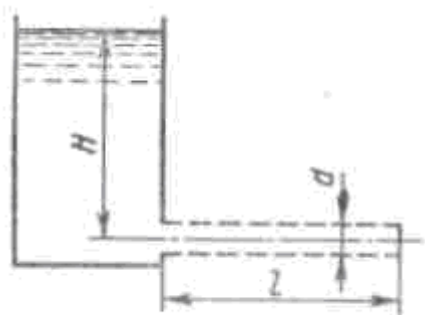


Рис 22.

34. Из бака А, в котором поддерживается постоянный уровень, вода протекает по цилиндрическому насадку диаметром d в бак В, из которого сливается в атмосферу по короткой трубе диаметром D , снабженной краном (рис. 23). Определить наибольшее значение коэффициента сопротивления крана $\zeta_{кр}$, при котором истечение из насадки будет осуществляться в атмосферу. Потери на трение в трубе не учитывать.

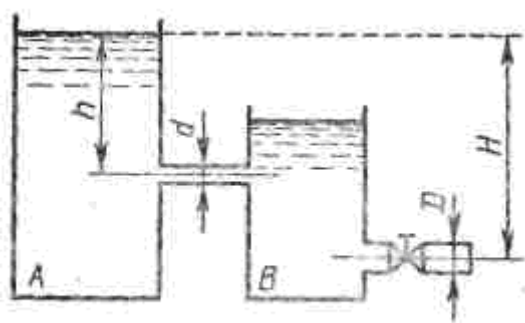


Рис 23.

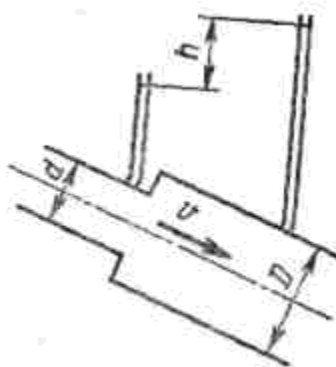


Рис 24.

35. При внезапном расширении трубопровода скорость жидкости в трубе большего диаметра равна v . Отношение диаметров труб $D/d=2$ (рис. 24). Определить h — разность показаний пьезометров.

36. Вода вытекает из бассейна шириной B и глубиной H_1 в лоток шириной b и глубиной H_2 через круглое отверстие в тонкой стенке диаметром d , центр которого расположен на расстоянии $a=0,1\text{ м}$ от дна бассейна. Определить расход воды Q , проходящей через отверстие.

37. Из отверстия в тонкой стенке диаметром d вытекает вода с температурой 20°С . Определить расход воды и сравнить с расходом жидкости $Ж$, вытекающего при тех же условиях. Высота уровня жидкости над центром отверстия H .

38. Из напорного бака вода течет по трубе диаметром d_1 и затем вытекает в атмосферу через насадок (брандспойт) с диаметром выходного отверстия d_2 . Избыточное давление воздуха в баке p_0 ; высота H . Пренебрегая потерями энергии, определить скорости течения воды в трубе v_1 и на выходе из насадка v_2 . Рис 25.

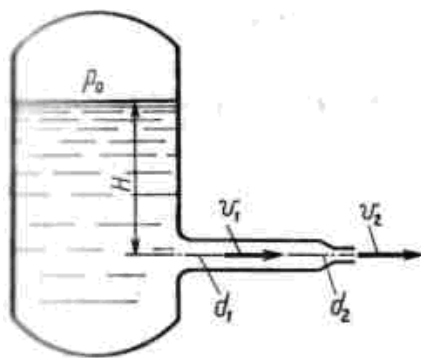


Рис 25.

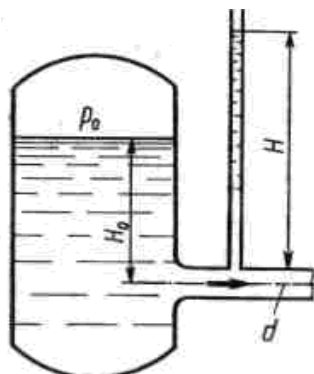


Рис 26.

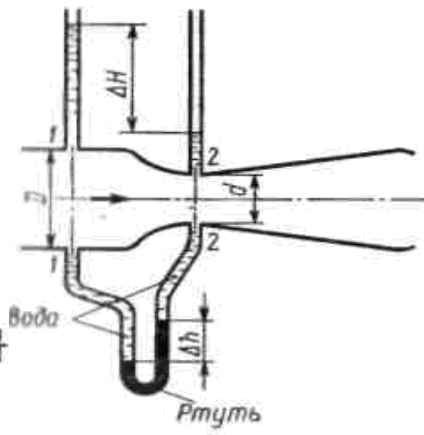


Рис 27.

39. Определить расход керосина, вытекающего из бака по трубопроводу диаметром d , если избыточное давление воздуха в баке p_0 ; высота уровня H_0 ; высота подъема керосина в пьезометре, открытом в атмосферу H . Потерями энергии пренебречь. Рис 26.

40. К расходомеру Вентури присоединены два пьезометра и дифференциальный ртутный манометр. Выразить расход воды Q через размеры расходомера D и d , разность показаний пьезометров ΔH , а также через показание дифференциального манометра Δh . Дан коэффициент сопротивления ζ участка между сечениями 1—1 и 2—2. Рис 27.

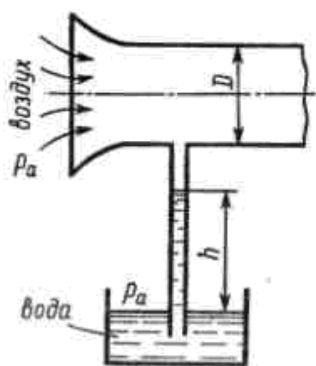


Рис 28.

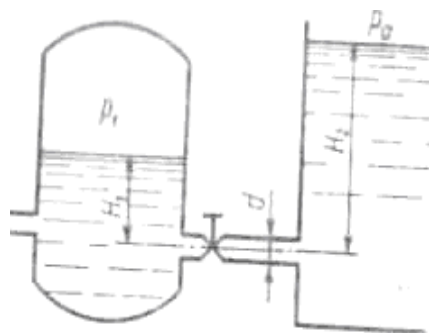


Рис 29.

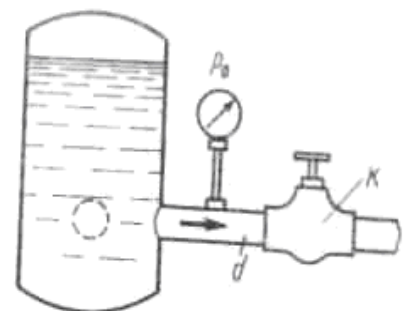


Рис 30.

41. Определить весовой расход воздуха по трубе с плавно закругленным входом и цилиндрической частью диаметром D , если показание вакуумметра в виде вертикальной стеклянной трубки, опущенной в сосуд с водой, h . Коэффициент сопротивления входной части трубы (до места присоединения вакуумметра)

$\zeta=0,1$. Плотность воздуха $1,25 \text{ кг/м}^3$. Рис 28.

42. Вода перетекает из напорного бака, где избыточное давление воздуха p_m , в открытый резервуар по короткой трубе диаметром d , на которой установлен кран. Чему должен быть равен коэффициент сопротивления крана для того, чтобы расход воды составлял Q ? Высоты уровней H_1 и H_2 даны. Учесть потерю напора на входе в трубу ($\zeta_{\text{вх}} = 0,5$) и на выходе из трубы. Рис 29.

43. От бака, в котором с помощью насоса поддерживается постоянное давление жидкости, отходит трубопровод диаметром d . Между баком и краном K на трубопроводе установлен манометр. При закрытом положении крана p_0 . Найти связь между расходом жидкости в трубопроводе Q и показанием манометра p_m при разных открытиях крана, приняв коэффициент сопротивления входного участка трубопровода (от бака до параметра) равным $\zeta=0,5$.

Подсчитать расход жидкости при полном открытии крана, когда показание манометра равно p_m . Рис 30.

44. Насос нагнетает жидкость $Ж$ в напорный бак, где установились постоянный уровень на высоте H и постоянное давление p_2 . Манометр, установленный на выходе из насоса на трубе диаметром d , показывает p_1 . Определить расход жидкости Q , если диаметр искривленной трубы, подводящей жидкость к баку, равен d_2 ; коэффициент сопротивления этой трубы принят равным $\zeta=0,5$. Рис 31.

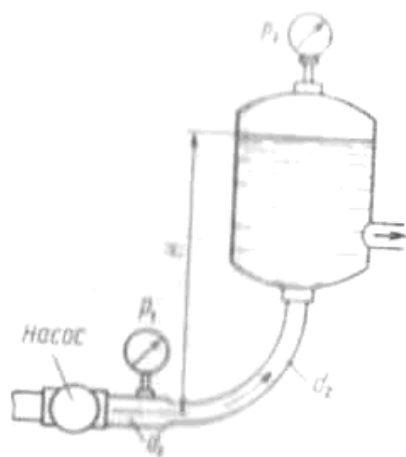


Рис 31.

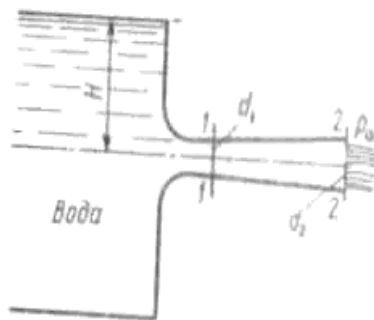


Рис 32.

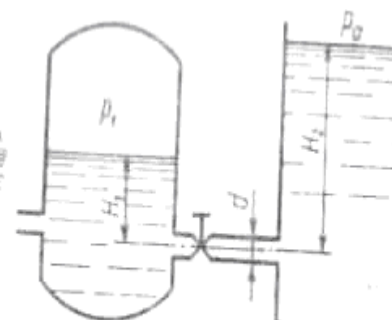


Рис 33.

45. Жидкость вытекает из открытого резервуара в атмосферу через трубу, имеющую плавное сужение до диаметра d_1 , а затем постепенное расширение до d_2 . Истечение происходит под действием напора H . Пренебрегая потерями энергии, определить абсолютное давление в узком сечении трубы 1—1, если соотношение диаметров $d_2/d_1 = x$; атмосферное давление соответствует $p_a = 750$ мм. рт. ст. Найти напор $H_{кр}$, при котором абсолютное давление в сечении 1—1 будет равно нулю. Рис 32.

46. Для измерения расхода воды, которая подается по трубе А в бак Б, установлен расходомер Вентури В. Определить максимальный расход, который можно пропускать через данный расходомер при условии отсутствия в нем кавитации, если температура воды $t = 60$ °С (давление насыщенных паров соответствует $p_{нп} = 2$ м вод. ст.). Уровень воды в баке поддерживается постоянным, равным H ; h - дано. Размеры расходомера: d_1 ; d_2 . Атмосферное давление принять равным 760 мм.рт.ст. Коэффициент сопротивления диффузора $\zeta_{диф} = 0,2$. Рис 34.

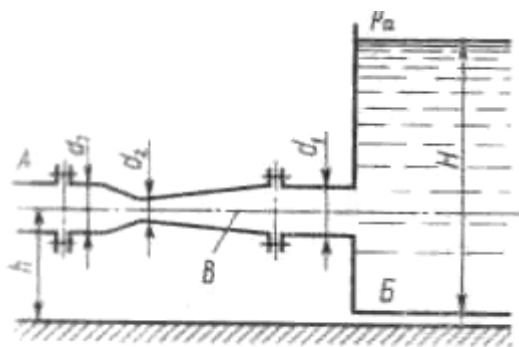


Рис 34.

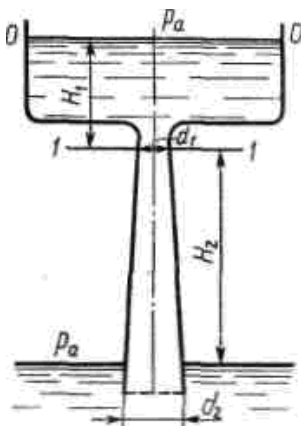


Рис 35.

47. Вода перетекает из верхнего резервуара в нижний по расширяющейся трубе — диффузору, имеющему малый угол конусности и плавно закругленный вход (Рис 35). Пренебрегая потерей напора на входе в диффузор, определить, при каком уровне воды H_1 в верхнем резервуаре абсолютное давление в узком сечении 1—1 диффузора делается равным нулю. Коэффициент сопротивления диффузора $\zeta_{\text{диф}} = 0,2$. Размеры: d_1 ; d_2 ; уровень H_2 . Учесть потерю на внезапное расширение при выходе из диффузора. Атмосферное давление 750 мм рт. ст.

Указание. Учесть потерю кинетической энергии на выходе из диффузора по формуле Борда.

48. Жидкость сливается из цистерны по трубе диаметром d , на которой установлен кран с коэффициентом сопротивления $\zeta_{\text{кр}} = 3$. (Рис 33) Определить расход жидкости при H_1 и H_2 , если в верхней части цистерны имеет место вакуум $p_{\text{вак}} = 73,5$ мм рт. ст. Потерями на трение в трубе пренебречь.

49. Определить ширину проходного отверстия b и жесткость пружины с переливного клапана, который начинает перекрывать проходное отверстие при падении давления на входе $p_{\text{вх}}$ до 10 МПа и полностью перекрывает его при $p_{\text{вх}} = 9$ МПа. Перепад давления на агрегате $\Delta p = p_{\text{вх}} - p_{\text{сист}}$ при полностью открытом золотнике и расходе Q должен быть 0,3 МПа. Проходное отверстие выполнено

в виде кольцевой щели, диаметр золотника D , коэффициент расхода окна золотника $\mu = 0,62$; $\rho = 850 \text{ кг/м}^3$. (на рис 36.)

50. Определить значение силы F , преодолеваемой штоком гидроцилиндра при движении его против нагрузки со скоростью v . Давление на входе в дроссель p_n ; давление на сливе p_c ; коэффициент расхода дросселя $\mu=0,62$; диаметр отверстия дросселя d ; D ; $d_{ш}$; $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$. (на рис 37.)

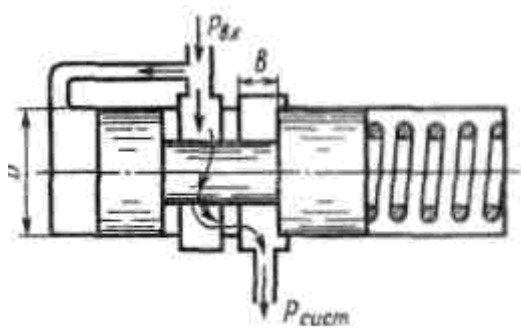


Рис 36.

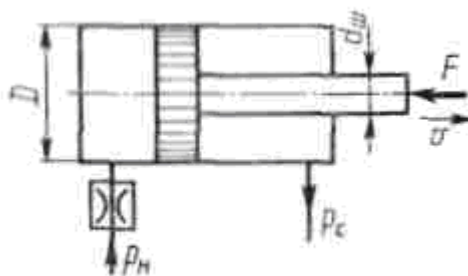


Рис 37.

51. Определить диаметр отверстия дросселя, установленного на сливе из гидроцилиндра, при условии движения штока цилиндра под действием внешней нагрузки F со скоростью v . Диаметры: штока $d_{ш}$, цилиндра D , коэффициент расхода дросселя $\mu=0,62$, плотность жидкости $\rho=850 \text{ кг/м}^3$, давление на сливе $p_c=0,3 \text{ МПа}$. (на рис 39)

52. Определить время полного хода поршня гидроцилиндра при движении против нагрузки, если давление на входе в дроссель p_n , давление на сливе p_c . Нагрузка вдоль штока F , коэффициент расхода дросселя $\mu=0,62$, диаметр отверстия в дросселе $d_{др}=1 \text{ мм}$, плотность масла $\rho=900 \text{ кг/м}^3$, диаметры: цилиндра D , штока d ; ход штока L . (на рис 38)

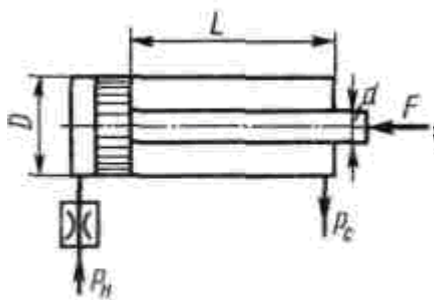


Рис 38.

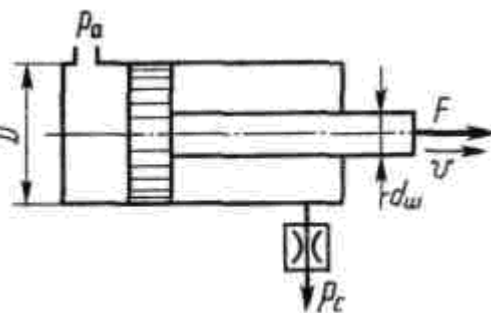


Рис 39.

53. Жидкость с плотностью $\rho = 850 \text{ кг/м}^3$ подается от насоса в гидроцилиндр, а затем через отверстие в поршне площадью S_0 и гидродроссель Д в бак ($p_6 = 0$). (на рис 40.)

1) Определить, при какой площади проходного сечения дросселя Д поршень будет находиться в неподвижном равновесии под действием силы F , если диаметр поршня D , диаметр штока $d_{ш}$, коэффициент расхода отверстия в поршне $\mu_0 = 0,8$, коэффициент расхода дросселя $\mu_{др} = 0,65$, давление насоса p_n .

2) Определить площадь проходного сечения дросселя Д, при котором поршень будет перемещаться со скоростью v_n вправо.

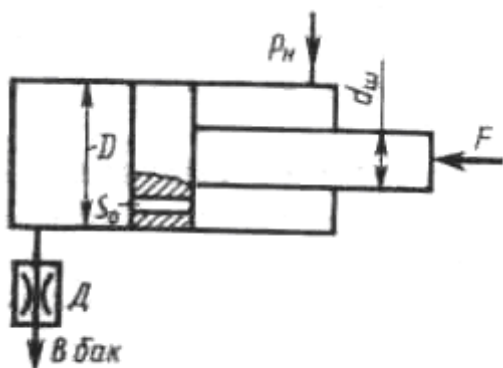


Рис 40.

ТАБЛИЦА 1. Выбор задач для контрольной работы.

Последняя цифра шифра зачетной книжки студента	Для всех студентов. Контрольная работа содержит задачи	
	КР №1	КР №2
1	1, 7, 18, 15	36, 48, 39, 49
2	2, 9, 23, 25	37, 47, 45, 50
3	3, 11, 19, 16	35, 46, 38, 53
4	4, 12, 21, 27	29, 45, 40, 52
5	5, 14, 20, 17	33, 44, 46, 51
6	6, 13, 22, 26	31, 43, 39, 49
7	7, 2, 24, 15	30, 42, 38, 50
8	8, 3, 23, 28	32, 41, 42, 53
9	9, 1, 19, 16	34, 40, 47, 52
0	1, 3, 14, 27	36, 39, 44, 51

ТАБЛИЦА 2.Выбор значений элементов заданий.

№ задачи	Величина	Предпоследняя цифра шифра									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Ж	Вода	Керосин	Бензин	Масло трансформ	Нефть	Масло турбинное	Глицерин	Спирт	Керосин	Бензин
	p_m , МПа	0,02(вак)	0,08(изб)	0,07(абс)	0,08(абс)	0,05(вак)	0,10(абс)	0,02(вак)	0,02(изб)	0,10(абс)	0,05(изб)
	H, м	5	6	7	8	6	5	5	8	7	6
	D, мм	100	200	300	120	140	160	180	200	180	160
	d, мм	50	100	140	60	70	80	90	100	90	80
2	Ж	Нефть	Бензин	Керосин	Вода	Масло трансформ	Глицерин	Вода	Керосин	Масло турбинное	Бензин
	H, м	10	20	30	40	30	20	10	50	45	30
	D, мм	300	200	100	300	140	160	180	200	180	160
	d, мм	150	100	50	150	70	90	80	90	100	90
3	Ж	Масло трансформ.	Вода	Глицерин	Вода	Масло турбинное.	Масло трансформ	Вода	Керосин	Вода	Глицерин
	R,H	50	100	150	200	250	200	150	100	50	100
	H, м	2	1	1.5	2	3	1.5	2	3	1	1.5
	D, мм	500	600	700	600	500	400	350	400	300	200
	d, мм	120	150	180	150	120	100	90	100	75	50

	a, мм	700	700	1000	700	800	500	600	650	500	400
	h, мм	70	80	100	80	70	60	55	60	45	45
4	Ж	Вода	Бензин	Керосин	Вода	Масло трансфор.	Глицерин	Нефть	Керосин	Масло турбинное.	Бензин
	p _м , МПа	0,08(изб)	0,09(абс)	0,07(абс)	0,08(изб)	0,05(изб)	0,09(абс)	0,10(абс)	0,03(изб)	0,10(абс)	0,05(изб)
	P _в , МПа	0,01(вак)	0,01(изб)	0,02(абс)	0,02(изб)	0,03(вак)	0,03(изб)	0,01(вак)	0,01(изб)	0,02(вак)	0,02(изб)
	a, мм	200	300	400	100	200	300	200	100	400	200
	h, мм	500	3000	1300	600	500	400	500	300	600	300
5	Ж	Бензин	Масло турбинное.	Керосин	Вода	Глицерин	Масло трансформ.	Вода	Керосин	Бензин	Нефть
	H, м	3	4	5	6	5	4	6	5	7	8
	D, мм	500	600	700	600	500	400	500	600	700	400
6	Ж	Нефть	Керосин	Бензин	Масло трансформ.	Вода	Масло турбинное.	Глицерин	Вода	Керосин	Бензин
	p _м , МПа	0,5(изб)	0,4(абс)	0,3(абс)	0,8(изб)	0,4(изб)	0,2(абс)	0,6(изб)	0,4(изб)	0,7(абс)	0,6(абс)
	D, мм	1000	1500	2000	2500	2000	1500	1000	1500	2000	2500

	а, мм	700	900	1200	1500	1200	900	700	1000	1300	1500
7	Ж	Вода	Керосин	Бензин	Бензин	Керосин	Нефть	Масло турбинное	Вода	Бензин	Глицерин
	p_m , кг/см ²	0.38	0.25	0.26	0.34	0.4	0.15	0.25	0.45	0.20	0.18
	h ₁ , см	40	35	28	28	56	45	40	58	35	40
8	Ж	Вода	Керосин	Нефть	Керосин	Бензин	Масло турбинное	Вода	Бензин	Вода	Глицерин
	p_m , кг/м ²	0,4	0,25	0,3	0,185	0,38	0,4	0,3	0,15	0,28	0,16
	h, см	24	20	28	25	31	42	18,2	39	12	45
9	Ж	Масло трансформ	Масло индустр.	Масло трансформ	Масло турбинное	Вода	Масло трансформ	Масло индустр.	Масло турбинное	Вода	Масло трансформ
	h, см	80	85	70	56	98	60	56	78	58	90
10	H, см	70	78	67	65	54	48	56	60	66	87
	h ₁ , см	50	52	45	48	40	35	36	45	48	55
11	H, см	90	98	100	78	65	98	95	80	85	65
	h, см	60	54	85	56	58	65	55	50	46	64
	S ₁ , см ²	2700	3000	2500	2900	3100	3500	3800	2100	2000	3900
	S ₂ , см ²	300	450	420	340	280	260	320	350	325	270

12	Ж	Масло трансформ	Масло индустр.	Масло трансформ	Масло турбинное	Вода	Масло трансформ	Масло индустр.	Масло турбинное	Вода	Масло трансформ
	z, см	40,15	54,13	34,8	39,5	55,6	45,8	30,5	45,6	68,4	32,9
	H, м	1,5	1,8	1,36	1,45	1,95	1,8	1,25	1,98	2,1	1,41
13	Ж	Вода	Нефть	Глицерин	Нефть	Бензин	Вода	Бензин	Масло турбинное	Вода	Нефть
	h, см	20	15	18	12	28	39	14	22	12	17
14	Ж	Нефть	Бензин	Глицерин	Глицерин	Нефть	Бензин	Глицерин	Нефть	Бензин	Нефть
	z, см	15	20	15	9,8	12,5	12	10	20	25	10
	h, см	85	65	70	55	79	78	60	100	95	80
15	H, м	10	10	7	8	7	9	10	9	8	7
	h,м	4,5	4,5	3	3,5	3	4	4,5	4	3,5	3
	L,м	46	4,5	3	6	4	4	5,2	6,7	4,65	2
	d,мм	300	30	30	50	40	30	35	50	40	20
16	Ж	Вода	Масло трансформ	Бензин	Керосин	Глицерин	Вода	Масло трансформ	Вода	Бензин	Глицерин
	Q, л/с	4	8	0,7	1,5	2,5	10	6	7,5	8	6
	d, мм	50	70	20	30	40	80	60	70	70	60
	L,м	6	8	10	6	8	10	12	8	6	15

17	Ж	Вода	Керосин	Бензин	Масло трансформ	Вода	Масло турбинное	Глицерин	Нефть	Бензин	Керосин
	F,кН	12,4	27,7	16,7	12,4	22	5,5	3,1	1,37	16,7	8,50
	D, мм	180	270	210	180	240	120	90	60	210	150
	d, мм	60	90	70	60	80	40	30	20	70	50
	L,м	18	27	21	18	24	12	9	6	21	15
18	Ж	Керосин	Бензин	Вода	Глицерин	Масло индустр.	Вода	Масло трансформ	Бензин	Вода	Керосин
	Q, л/с	12	3,5	0,05	4,5	650	0,05	120	3,5	0,05	12
19	Q, м ³ /с	0,259	0,285	0,306	0,330	0,352	0,376	0,400	0,424	0,447	0,470
	L, см	225	276	318	355	386	155	195	230	261	290
	h, см	30	40	50	60	70	30	40	50	60	70
20	Ж	Масло трансформ	Керосин	Масло веретенное	Вода	Масло веретенное	Керосин	Бензин	Вода	Керосин	Вода
	d, мм	60	50	100	10	100	45	40	8	50	12
	L,м	20	12	3	700	4	15	10	70	10	700
21	d,мм	30	20	50	25	75	90	60	70	45	40
22	d, мм	300	450	125	350	250	150	350	325	300	200
	Q, м ³ /с	0.136	0.250	0.05	0.200	0.138	0.09	0.210	0.150	0.205	0.100
	t, °C	10	25	12	15	25	15	10	15	20	15

24	d, м	0.025	0.02	0.03	0.015	0.02	0.03	0.025	0.02	0.03	0.015
	Q, л/с	13600	12000	15000	10000	12800	14000	11000	13700	16500	8000
25	d, см	20	25	15	10	12	30	35	25	20	15
	V, см/с	12	10	8	6	10	25	28	24	14	10
	L, м	20	30	40	5	7	4	8	25	10	7
26	d, мм	200	150	125	100	100	250	125	150	120	250
	V, м/с	13,1	12	10	8	9	15,1	7,8	9,5	7,5	14
	L, м	1500	1200	1000	500	2000	2500	700	800	1500	900
27	d, мм	250	200	275	100	150	350	225	240	300	325
	L, м	500	800	700	600	400	300	760	550	150	720
	Q, л/с	100	120	150	80	95	250	240	160	180	200
28	h, м	12	14	12	11	12,5	11	13,8	14	10	16
	L, м	50	50	55	60	70	75	65	30	45	85
29	L ₁ , м	10	12	15	14	10	8	9	13	5	7
	L ₂ , м	40	35	30	25	20	40	45	50	30	35
	d ₁ , м	75	80	85	90	70	65	60	55	50	75
	d ₁ , м	150	175	125	120	110	175	125	150	125	100
	Q, л/с	6.5	5.0	4.9	7.5	7.0	7.3	6.8	5.5	5.8	7.5
30	F, H	4*10 ⁴	9*10 ⁴	7*10 ⁴	11*10 ⁴	3*10 ⁴	7*10 ⁴	20*10 ⁴	2*10 ⁴	1*10 ⁴	2*10 ⁴
	D, мм	200	300	250	300	200	150	350	200	200	250
	d, мм	10	15	12	14	16	10	15	12	14	16
	a, мм	45	60	55	50	70	15	20	20	25	30
31	H, м	6	7	8	4	5	6	5	4	5	6
	d, мм	70	30	50	70	90	70	50	40	60	80
32	H, м	6	5	4	5	6	5	4	8	7	6
	d, мм	30	50	70	90	70	50	40	60	80	70
33	H, м	3.4	5.2	7.5	10	13	17	21	25	30	35
	Q, л/с	2.5	3.1	3.8	4.4	5.0	5.6	6.2	7.0	7.5	8.1
34	H, м	98	110	125	140	154	145	128	105	100	112
	d, мм	15	20	25	30	35	30	25	20	15	20
	D, мм	19	25	31	38	44	37	31	25	18	25

	h, м	35	40	45	50	55	52	42	38	36	60
35	V, м/с	2,0	2,5	3,0	1,5	2,3	2,8	1,6	3,5	3,2	2,2
36	H ₁ , м	3	4	3,5	2,8	2,7	3,5	3,3	3,5	4	5
	H ₂ , м	0,25	0,35	0,15	0,25	0,3	0,5	0,45	0,45	0,2	0,5
	B, м	2	2,2	2,4	1,8	1,5	2,5	2	1,75	1,5	2
	b, м	0,15	0,30	0,25	0,12	0,2	0,2	0,2	0,15	0,25	0,25
	d, м	0,1	0,15	0,15	0,1	0,1	0,1 25	0,1 25	0,1 50	0,1 75	0,2
37	Ж	Глицерин	Керосин	Бензин	Глицерин	Керосин	Бензин	Глицерин	Керосин	Бензин	Глицерин
	d, см	5	4	6	4	5	4	7	7	5	6
	H, см	50	55	60	45	40	35	30	50	40	65
38	d ₁ , мм	20	25	25	18	25	20	32	18	20	30
	d ₂ , мм	10	10	14	12	10	8	12	10	14	12
	p ₀ , МПа	0,18	0,15	0,12	0,12	0,14	0,1	0,105	0,18	0,2	0,1
	H, м	1,6	1,5	2,4	2,2	1,8	1,5	1,4	1,8	2	2,5
39	d, мм	50	60	38	65	55	45	45	46	65	60
	p ₀ , кПа	16	15	21	16	18	15	14,5	16	12	10
	H ₀ , м	1	1,25	0,95	1,2	1,28	0,98	1,05	1,5	1	0,85
	H, м	1,75	2	1,85	2,4	2	1,64	1,8	2,2	2	1,6
41	D, мм	200	150	150	200	180	200	220	260	240	210
	h, мм	250	180	200	300	290	300	285	300	320	305

42	d, мм	50	45	50	40	55	65	80	58	65	60
	P _м , МПа	0,3	0,25	0,15	0,2	0,25	0,45	0,38	0,4	0,42	0,38
	Q, л/с	8,7	7,5	6,5	5,4	7,07	7,57	10	9,8	9,55	10,95
	H _{1,м}	1	1	1,2	1,3	1,24	0,8	1,56	1,45	0,9	0,95
	H _{2,м}	3	2,5	2,4	3,6	3,2	4,7	4	3,2	3	3
43	Ж	Бензин	Керосин	Бензин	Бензин	Керосин	Бензин	Керосин	Керосин	Бензин	Керосин
	d, мм	50	55	55	35	50	40	60	65	50	70
	P ₀ , МПа	0,36	0,45	0,68	0,32	0,45	0,4	0,67	0,76	0,5	0,72
44	Ж	Бензин	Керосин	Вода	Бензин	Керосин	Бензин	Керосин	Вода	Бензин	Керосин
	d ₁ , мм	75	80	85	90	70	65	60	55	75	70
	d ₂ , мм	50	50	65	60	50	30	30	30	55	45
	P ₂ , МПа	0,2	0,25	0,25	0,25	0,15	0,15	0,1	0,1	0,12	0,12
	H, м	2	2,5	2,5	2	2	2,2	1,8	1,6	2,6	2,1
	P ₁ , МПа	0,25	0,28	0,3	0,34	0,31	0,25	0,2	0,2	0,24	0,28
45	x	$\sqrt{2}$	$\sqrt{3}$	$\sqrt{2,5}$	1,8	1,6	2	$\sqrt{2}$	1,2	2,5	$\sqrt{3}$
	H, м	3	4	3,5	4,5	2,5	2,8	5	4,75	4,2	$2,75$
46	d ₁ , мм	50	55	40	50	40	58	45	55	65	60
	d ₂ , мм	20	25	12	30	15	34	18	20	25	30

	H, м	1,5	1,8	0,9	1,9	0,75	1,8	1,78	1,68	1,45	1,64
		L, м	0,5	0,6	0,65	0,5	0,7	0,45	0,4	0,55	0,52
	47	d ₁ , мм	100	120	110	100	115	85	120	90	130
		d ₂ , мм	150	160	175	160	145	125	185	150	200
		H ₂ , м	1,15	1,25	1,1	2	2,2	2,4	1,8	1,6	1,4
	48	Ж	Бензин	Керосин	Бензин	Вода	Керосин	Бензин	Вода	Керосин	Бензин
		H ₁ , м	1,5	1,65	1,65	1,5	1,85	1,85	2	2,3	2,2
		H ₂ , м	1,3	1,4	1,45	1,25	1,2	1,1	1,5	1,8	1,75
		d, мм	50	45	40	35	30	35	40	45	50
	49	Q, л/с	1.2	1.3	1.1	1.0	0.95	0.85	1.5	1.6	1.8
		D, мм	12	14	10	10	8	8	14	16	16
	50	P _н , МПа	20	22	25	24	23	25	18	16	14
		P _с , МПа	0.3	0.25	0.3	0.2	0.32	0.35	0.34	0.28	0.15
		V, мм/с	20	15	18	18	20	22	24	26	25
		d, мм	1.2	1.4	1.6	1.4	1.2	1.6	1.2	1.2	1.5
		D, мм	70	75	80	80	85	90	90	85	85
		d _ш , мм	30	35	35	30	45	40	45	42	50
51	F, кН	60	50	60	65	65	55	50	45	45	40
	V, мм/с	200	180	200	210	220	170	160	150	155	200
	d _ш , мм	40	35	35	45	45	30	30	32	28	50

	D, мм	80	85	80	75	70	65	60	65	70	85
52	P _н , МПа	16	17	18	19	20	18	16	14	12	15
	P _с , МПа	0,3	0,25	0,28	0,2	0,4	0,35	0,45	0,35	0,45	0,5
	F, кН	35	25	25	30	30	35	40	45	40	45
	D, мм	60	65	65	70	75	75	70	80	85	80
	d, мм	30	30	35	36	40	45	50	55	45	40
	L, мм	200	150	180	175	210	220	240	230	250	200
	L, мм	200	150	180	175	210	220	240	230	250	200
53	S ₀ , мм ²	5	4	5,5	5,6	5,9	6	6,2	6,4	6,6	8
	F, кН	3	4	3,5	3,5	4,2	2,8	3,8	4,1	4,2	3,9
	D, мм	100	120	120	110	110	100	95	125	135	85
	d _ш , мм	80	85	75	65	60	70	75	85	90	55
	P _н , МПа	1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,85	1,3	0,95
	V _п , см/с	1	1,5	1,2 5	1,2	1,4	2	2,2	2,4	2,5	1,8

Вопросы к зачету и экзамену.

1. Основные определения. Силы, действующие на жидкость. Свойства жидкости. Понятие идеальной жидкости.
2. Свойства давления в покоящейся жидкости. Основной закон гидростатики. Определения гидростатического давления.
3. Уравнения Эйлера равновесия жидкости. Вывод основного закона гидростатики из уравнения Эйлера. Энергетическая интерпретация основного закона гидростатики.
4. Полный дифференциал давления. Случаи относительного покоя жидкости.
5. Определение силы давления на плоскую наклонную стенку. Центр давления.
6. Определение силы давления на цилиндрическую поверхность. Закон Архимеда.
7. Плавание тел. Остойчивость.
8. Виды движений жидкости. Кинематика жидкости. Основные понятия кинематики. Поток. Расход и т.д.
9. Понятие локальной скорости, ускорения.
10. Уравнение неразрывности. Расход жидкости.
11. Уравнение Бернулли для элементарной струйки.
12. Дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости.
13. Получение уравнения Бернулли для элементарной струйки из дифференциальных уравнений движения идеальной жидкости.
14. Переход к потоку от понятия элементарная струйка. Поправки. Коэффициент Кориолиса. Уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости.

15. Энергетическая и геометрическая интерпретация уравнения Бернулли.
16. Общие сведения о режимах течения жидкости и о гидравлических потерях.
17. Физический смысл коэффициента трения.
18. Примеры использования уравнения Бернулли в технике.
19. Краткие сведения о теории гидродинамического подобия. Критерии подобия. Критерий Рейнольдса.
20. Ламинарный тип течения жидкости. Распределение скоростей. Касательных напряжений. Средняя скорость.
21. Потери на трение при ламинарном типе течения. Коэффициент трения.
22. Особые случаи ламинарного течения жидкости.
23. Особенности турбулентного течения.
24. Теория турбулентного течения жидкости в трубах.
25. Величина вязкого подслоя. Гидравлически гладкие и шероховатые трубы.
26. Коэффициент потерь на трение при турбулентном течении жидкости. Зависимость коэффициента потерь от критерия Рейнольдса.
27. Зависимость потерь на трение от типа течения жидкости (от критерия Рейнольдса, скорости).
28. Местные гидравлические сопротивления.
29. Истечение жидкости через отверстия, насадки.
30. Понятие критического напора при истечении жидкости через насадок.
31. Существующие насадки.
32. Истечение при переменном напоре. Расчет времени

опорожнения.

33. Расчет простого трубопровода.
34. Расчет элементов сложных трубопроводов.
35. Насосная подача через трубопровод. Баланс массы и энергии. Рабочая точка системы.
36. Неустановившееся течение жидкости в трубах.
37. Гидравлический удар. Прямой и не прямой удар. Способы ослабления гидроудара.
38. Взаимодействие потока со стенками.

**Гидромеханика: Методические
указания и контрольные задания для
студентов – заочников.**

Составитель:

Лебедева Елена Геннадьевна

Компьютерный набор и верстка автора

Подготовка к печати О.А.Матриросян

Сдано в производство . Подписано в печать.
Уч.-изд.л. 0,97. Формат 84х18 1/16. Усл.-печ. Л. 1,5.
Изд.№ . Заказ № .

Центр научно – технической информации, технических средств
обучения и вычислительной техники Севмашвуза
164500, г. Северодвинск, ул. Воронина,6.