



Министерство Сельского хозяйства
Российской Федерации
ФГБОУ ВО

«Новосибирский государственный аграрный университет»
И Н Ж Е Н Е Р Н Ы Й И Н С Т И Т У Т
630039, Новосибирск, ул. Никитина,147. тел./факс (383) 267-35-07

Кафедра Механизации животноводства и переработки с/х продукции

ГИДРАВЛИКА

Задания и методические указания по выполнению самостоятельной и контрольной работы для студентов очной и заочной формы обучения направления подготовки – 35.03.06 – «Агроинженерия»

Новосибирск 2019

УДК 532.5(075.8):622.5
ББК 30.123

Гидравлика / Задания и методические указания по выполнению самостоятельной и контрольной работы для студентов очной и заочной формы обучения направления подготовки – 35.03.06 – «Агроинженерия», сост.: Диденко А.А. – Новосибирск, ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, Инженер. ин-т., 2019. – 45 с.

Рецензент – к.т.н., доцент Булаев Е.В.

Предназначено для студентов очной и заочной формы обучения направления подготовки – 35.03.06 – «Агроинженерия».

Рекомендована к изданию методическим советом Инженерного института Новосибирский ГАУ, 2015 (протокол № 5 от 22.12.15).

© Новосибирский государственный аграрный университет, 2019

© Инженерный институт, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1.Методические указания по самостоятельному изучению тем и разделов курса.....	5
Цели и задачи курса.....	5
Содержание отдельных разделов с тестами для самостоятельной подготовки.....	7
Гидростатика.....	8
Гидродинамика.....	10
Гидравлические машины.....	16
Гидравлический привод.....	19
Типовые задачи для самостоятельной подготовки.....	21
2.Требования к выполнению и оформлению контрольной работы.....	26
Гидростатика.....	27
Гидродинамика.....	34
Список вопросов для контрольной работы.....	41
Список литературы.....	42
Приложение.....	43

Введение

Гидравлика – прикладная наука, изучающая законы равновесия и движения жидкости и разрабатывающая способы применения этих законов к решению различных задач инженерной практики.

Гидравлика дает методы расчета и проектирования разнообразных гидротехнических сооружений, гидромашин и состоящих из них самых различных гидросистем, которые широко используются в машиностроении, на транспорте, в авиации и других отраслях промышленности.

Для расчета и проектирования гидросистем гидромашин, гидроприводов и систем их автоматического регулирования, правильной их эксплуатации, ремонта и наладки нужно иметь соответствующую подготовку в области гидравлики и теории гидромашин. Получить такую подготовку является основной задачей данного пособия.

1. Методические указания по самостоятельному изучению тем и разделов курса

Цель – получение теоретических знаний и практических навыков в области гидравлики и гидравлических машин.

Задачи: изучение основных законов гидростатики и гидродинамики; овладение основными методами расчета гидравлических параметров устройств и гидравлических систем, применяемых в агропромышленном комплексе.

Дисциплина гидравлика в соответствии с требованиями ФГОС ВО и с учетом ПООП (при наличии) направлена на формирование следующих компетенций (УК, ОПК):

Таблица 1. Связь результатов обучения с приобретаемыми компетенциями

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
<p>УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений</p>	<p>ИУК-2.1 Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения выделенных задач. ИУК-2.2 Проектирует решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений ИУК-2.3 Решает конкретные задачи проекта заявленного качества и за установленное время. ИУК-2.4 Публично представляет результаты решения конкретной задачи проекта</p>	<p>знать: - основные законы гидравлики; уметь: -решать типовые задачи по гидростатике и гидродинамике; владеть: методами расчета с использованием основных математических законов</p>
<p>ОПК-1 Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением</p>	<p>ИОПК-1.1 Демонстрирует знание основных законов математических, естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин, необходимых для решения типовых задач в области агроинженерии</p>	<p>знать: - основы теории гидравлических машин, их конструкции, принципы работы и методы рациональной эксплуатации; уметь:</p>

<p>информационно-коммуникационных технологий</p>	<p>ИОПК-1.2 Использует знания основных законов математических и естественных наук для решения стандартных задач в агроинженерии</p>	<p>-выполнять основные расчёты и анализировать работу гидравлических машин, гидросистем в сельскохозяйственном производстве; владеть: - методами расчета гидравлических систем и подбора гидромеханического оборудования,</p>
<p>ОПК-5 Способен участвовать в проведении экспериментальных исследований в профессиональной деятельности</p>	<p>ИОПК-5.1 Под руководством специалиста более высокой квалификации участвует в проведении экспериментальных исследований в области агроинженерии ИОПК-5.2 Использует классические и современные методы исследования в агроинженерии</p>	<p>знать: - основные принципы построения, элементы конструкции и методы эксплуатации систем гидропривода. уметь: -самостоятельно подбирать гидравлическое оборудование, осваивать новую технику, выбирать оптимальные режимы её работы, обеспечивающие качественное выполнение технологических процессов. владеть: - навыками выполнения гидравлических исследований, обработки и анализа их результатов.</p>

Содержание отдельных разделов с тестами для самостоятельной подготовки

Общие сведения о гидравлике.

Структура и объём изучаемой дисциплины. Роль гидравлики в промышленном и сельскохозяйственном производстве. Краткая история развития гидравлики.

Основные физические свойства жидкости.

Жидкость, основные понятия и определения. Понятие реальной и идеальной жидкости. Основные физические свойства реальной жидкости (удельный вес, плотность, сжимаемость, температурное расширение, вязкость, текучесть, капиллярность).

Тесты для самостоятельной подготовки

Что такое гидравлика?

- а) наука о движении жидкости;
- б) наука о равновесии жидкостей;
- в) наука о взаимодействии жидкостей;
- г) наука о равновесии и движении жидкостей.

На какие разделы делится гидравлика?

- а) гидротехника и гидрогеология;
- б) гидростатика и гидродинамика;
- в) гидравлика и гидрология;
- г) механика жидких тел и механика газообразных тел.

Что такое жидкость?

- а) физическое вещество, способное заполнять пустоты;
- б) физическое вещество, способное изменять форму под действием сил;
- в) физическое вещество, способное изменять свой объём;
- г) физическое вещество, способное течь.

Реальной жидкостью называется жидкость

- а) не существующая в природе;
- б) находящаяся при реальных условиях;
- в) в которой присутствует внутреннее трение;
- г) способная быстро испаряться.

Идеальной жидкостью называется

- а) жидкость, в которой отсутствует внутреннее трение;
- б) жидкость, подходящая для применения;
- в) жидкость, способная сжиматься;
- г) жидкость, существующая только в определенных условиях.

При увеличении температуры удельный вес жидкости

- а) уменьшается;
- б) увеличивается;
- г) сначала увеличивается, а затем уменьшается;
- в) не изменяется.

Сжимаемость жидкости характеризуется

- а) коэффициентом Генри;
- б) коэффициентом температурного сжатия;
- в) коэффициентом поджатия;
- г) коэффициентом объемного сжатия.

Гидростатика

Понятие силы и давления.

Силы, действующие на жидкость (массовые, поверхностные). Гидростатическое давление. Свойства гидростатического давления. Виды гидростатического давления (абсолютное, весовое, манометрическое, вакуумметрическое). Методы и приборы для измерения избыточного давления и величины вакуума (пьезометры, манометры, вакуумметры).

Дифференциальные уравнения равновесия жидкости (уравнения Эйлера). Дифференциальное уравнение равновесия жидкости (уравнение Эйлера). Основное уравнение гидростатики как частный случай уравнения Эйлера.

Относительный покой жидкости.

Поверхности равного давления. Исследование форм свободной поверхности для наиболее характерных случаев относительного покоя жидкости. Сила давления жидкости на плоские и криволинейные поверхности. Силы гидростатического давления на плоские и криволинейные поверхности, определение точек их приложения. Эпюры гидростатического давления.

Тесты для самостоятельной подготовки

На какие виды разделяют действующие на жидкость внешние силы?

- а) силы инерции и поверхностного натяжения;
- б) внутренние и поверхностные;
- в) массовые и поверхностные;
- г) силы тяжести и давления.

Какие силы называются массовыми?

- а) сила тяжести и сила инерции;
- б) сила молекулярная и сила тяжести;
- в) сила инерции и сила гравитационная;
- г) сила давления и сила поверхностная.

Какие силы называются поверхностными?

- а) вызванные воздействием объемов, лежащих на поверхности жидкости;
- б) вызванные воздействием соседних объемов жидкости и воздействием других тел;
- в) вызванные воздействием давления боковых стенок сосуда;
- г) вызванные воздействием атмосферного давления.

Жидкость находится под давлением. Что это означает?

- а) жидкость находится в состоянии покоя;
- б) жидкость течет;
- в) на жидкость действует сила;
- г) жидкость изменяет форму.

Гидростатическое давление:

- а) напряжение, возникающее в точке жидкости под действием поверхностных и массовых сил;
- б) свойство, характеризующее физическую природу жидкости;
- в) поперстное натяжение жидкости за счет вязкости.

Первое свойство гидростатического давления гласит:

- а) в любой точке жидкости гидростатическое давление перпендикулярно площадке касательной к выделенному объему и действует от рассматриваемого объема;
- б) в любой точке жидкости гидростатическое давление перпендикулярно площадке касательной к выделенному объему и действует внутрь рассматриваемого объема;
- в) в каждой точке жидкости гидростатическое давление действует параллельно площадке касательной к выделенному объему и направлено произвольно;
- г) гидростатическое давление неизменно во всех направлениях и всегда перпендикулярно в точке его приложения к выделенному объему.

Второе свойство гидростатического давления гласит:

- а) гидростатическое давление постоянно и всегда перпендикулярно к стенкам резервуара;
- б) гидростатическое давление изменяется при изменении местоположения точки;
- в) гидростатическое давление неизменно в горизонтальной плоскости;
- г) гидростатическое давление неизменно во всех направлениях

Третье свойство гидростатического давления гласит:

- а) гидростатическое давление в любой точке не зависит от ее координат в пространстве;
- б) гидростатическое давление в точке зависит от ее координат в пространстве;
- в) гидростатическое давление зависит от плотности жидкости;
- г) гидростатическое давление всегда превышает давление, действующее на свободную поверхность жидкости.

Уравнение, позволяющее найти гидростатическое давление в любой точке рассматриваемого объема называется

- а) основным уравнением гидростатики;
- б) основным уравнением гидродинамики;
- в) основным уравнением гидромеханики;
- г) основным уравнением гидродинамической теории.

Основное уравнение гидростатики определяется

- а) произведением давления газа над свободной поверхностью к площади свободной поверхности;
- б) разностью давления на внешней поверхности и на дне сосуда;
- в) суммой давления на внешней поверхности жидкости и давления, обусловленного весом вышележащих слоев;
- г) отношением рассматриваемого объема жидкости к плотности и глубине погружения точки.

Чему равно гидростатическое давление при глубине погружения точки, равной нулю

- а) давлению над свободной поверхностью;
- б) произведению объема жидкости на ее плотность;
- в) разности давлений на дне резервуара и на его поверхности;
- г) произведению плотности жидкости на ее удельный вес.

Поверхность уровня - это

- а) поверхность, во всех точках которой давление изменяется по одинаковому закону;
- б) поверхность, во всех точках которой давление одинаково;
- в) поверхность, во всех точках которой давление увеличивается прямо пропорционально удалению от свободной поверхности;
- г) свободная поверхность, образующаяся на границе раздела воздушной и жидкой сред при относительном покое жидкости.

Относительным покоем жидкости называется

- а) равновесие жидкости при постоянном значении действующих на нее сил тяжести и инерции;
- б) равновесие жидкости при переменном значении действующих на нее сил тяжести и инерции;
- в) равновесие жидкости при неизменной силе тяжести и изменяющейся силе инерции;
- г) равновесие жидкости только при неизменной силе тяжести.

Как изменится угол наклона свободной поверхности в цистерне, двигающейся с постоянным ускорением

- а) свободная поверхность примет форму параболы;
- б) будет изменяться;
- в) свободная поверхность будет горизонтальна;
- г) не изменится.

Во вращающемся цилиндрическом сосуде свободная поверхность имеет форму

- а) параболы;
- б) гиперболы;
- в) конуса;
- г) свободная поверхность горизонтальна.

Как приложена равнодействующая гидростатического давления относительно центра тяжести прямоугольной боковой стенки резервуара?

- а) ниже;
- б) выше;
- в) совпадает с центром тяжести;
- г) смещена в сторону.

Гидродинамика

Основные понятия и определения гидродинамики.

Модели идеальной (невязкой) жидкости (линии тока, трубка тока, элементарная струйка и её свойства, поток жидкости). Виды движения жидкости: установившееся, неустановившееся, равномерное, неравномерное, напорное, безнапорное, вихревое, безвихревое. Гидравлические элементы потока (живое

сечение, смоченный периметр, гидравлический радиус). Гидравлические характеристики потока (расход, скорость, давление, эпюры распределения скоростей при ламинарном и турбулентном потоках).

Основные уравнения гидродинамики.

Дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости (уравнение Эйлера). Уравнение неразрывности потока. Уравнение Бернулли для установившегося потока реальной жидкости. Физический смысл и графическая интерпретация.

Режимы движения жидкости. Определение потерь напора.

Подобие гидравлических явлений. Критерии подобия. Режимы движения жидкости. Критерии режима – число Re. Виды гидравлических сопротивлений – путевые и местные. Определение потерь напора на трение по длине пути и на местные сопротивления. Опыты Никурадзе. Формулы для определения коэффициента Дарси для ламинарного и турбулентного режимов движения жидкости.

Расчёты трубопроводных систем.

Формула Шези и область её применения. Связь коэф-та λ с коэф-том Шези. Гидравлический расчет коротких и длинных трубопроводов. Параллельные и последовательные соединения труб. Равномерно распределенный путевой расход. Расчет тупиковой и кольцевой сети трубопровода. Гидравлический удар в трубах. Прямой и не прямой Г.У. определение ударного давления и скорости распространения ударной волны. Способы защиты трубопроводов от Г.У. Гидротаран – устройство и принцип действия.

Истечение жидкости из отверстий и насадков.

Истечение жидкости через отверстия и насадки при постоянном и переменном напорах. Истечение жидкости из больших отверстий и из-под щита при полузатопленном отверстии.

Тесты для самостоятельной подготовки

Геометрическое место точек находящихся на бесконечно малом расстоянии друг от друга и образующих кривую так что вектор скорости в каждой ее точке является касательной к этой кривой:

- а) трубка потока
- б) трубка тока;
- в) струйка тока;
- г) линия тока.

Площадь поперечного сечения потока, перпендикулярная направлению движения называется:

- а) открытым сечением;
- б) живым сечением;
- в) полным сечением;
- г) площадь расхода.

Часть периметра живого сечения, ограниченная твердыми стенками называется:

- а) мокрый периметр;
- б) периметр контакта;

- в) смоченный периметр;
- г) гидравлический периметр.

Объем жидкости, протекающий за единицу времени через живое сечение называется:

- а) расход потока;
- б) объемный поток;
- в) скорость потока;
- г) скорость расхода.

Уравнение неразрывности течений имеет вид

- а) $\omega_1 v_2 = \omega_2 v_1 = \text{const}$;
- б) $\omega_1 v_1 = \omega_2 v_2 = \text{const}$;
- в) $\omega_1 \omega_2 = v_1 v_2 = \text{const}$;
- г) $\omega_1 / v_1 = \omega_2 / v_2 = \text{const}$.

Уравнение Бернулли для идеальной жидкости имеет вид

- а) $z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g}$
- б) $z_1 + \frac{P_1}{2g} + \frac{v_1^2}{\rho g} = z_2 + \frac{P_2}{2g} + \frac{v_2^2}{\rho g}$
- в) $z_1 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + \sum h$
- г) $z_1 + \frac{v_1}{\rho g} + \alpha_1 \frac{P_1^2}{2g} = z_2 + \frac{v_2}{\rho g} + \alpha_2 \frac{P_2^2}{2g}$

Уравнение Бернулли для реальной жидкости имеет вид

- а) $z_1 + \alpha_1 \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \alpha_2 \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} - \sum h$
- б) $z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + \sum h$
- в) $z_1 + \frac{P_1}{2g} + \alpha_1 \frac{v_1^2}{\rho g} = z_2 + \frac{P_2}{2g} + \alpha_2 \frac{v_2^2}{\rho g} + \sum h$

Член уравнения Бернулли, обозначаемый буквой z, называется

- а) геометрической высотой;
- б) пьезометрической высотой;
- в) скоростной высотой;
- г) потерянной высотой.

Член уравнения Бернулли, обозначаемый выражением $P/\rho g$ называется:

- а) скоростной высотой;
- б) геометрической высотой;
- в) пьезометрической высотой;
- г) потерянной высотой.

Член уравнения Бернулли, обозначаемый выражением $\frac{v^2}{2g}$ называется

- а) пьезометрической высотой;
- б) скоростной высотой;
- в) геометрической высотой;
- г) такого члена не существует.

Критическое число Рейнольдса при уменьшении скорости движения жидкости в 10 раз ...

- а) не изменится
- б) увеличится в 100 раз
- в) уменьшится
- г) увеличится в 10 раз

Число Рейнольдса при уменьшении скорости движения жидкости в 10 раз ...

- а) не изменится
- б) увеличится в 100 раз
- в) уменьшится в 10 раз
- г) увеличится в 10 раз

Если коэффициент гидравлического трения составляет 0,08, а режим движения ламинарный, то число Рейнольдса для потока жидкости равно ...

- а) 1600
- б) 400
- в) 800
- г) 6400

Критическая скорость, при которой наблюдается переход от ламинарного режима к турбулентному определяется по формуле:

а)
$$v_{кр} = \frac{Q_{кр}}{d \cdot Re_{кр}}$$

б)
$$v_{кр} = \frac{d}{\nu} \cdot Re_{кр}$$

в)
$$v_{кр} = \frac{\nu \cdot d}{Re_{кр}}$$

г)
$$v_{кр} = \frac{\nu}{d} \cdot Re_{кр}$$

Различают потери напора

- а) местные и по длине
- б) постоянные и кратковременные
- в) частичные и полные
- г) напорные и безнапорные

Укажите правильную запись формулы Вейсбах(а)Дарси:

а)
$$h_{\text{пот}} = l \cdot \frac{d}{\lambda} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

б)
$$h_{\text{пот}} = \lambda \cdot \frac{l}{v} \cdot \frac{d^2}{2g}$$

в)
$$h_{\text{пот}} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

г)
$$h_{\text{пот}} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{2v^{-2}}{g}$$

Для определения потерь напора служит

- а) число Рейнольдса;
- б) формула Вейсбаха-Дарси;
- в) номограмма Колбрука-Уайта;
- г) график Никурадзе.

От чего зависит коэффициент гидравлического трения в первой области турбулентного режима?

- а) только от числа Re;
- б) от числа Re и шероховатости стенок трубопровода;
- в) только от шероховатости стенок трубопровода;
- г) от числа Re, от длины и шероховатости стенок трубопровода.

От чего зависит коэффициент гидравлического трения во второй области турбулентного режима?

- а) только от числа Re;
- б) от числа Re и шероховатости стенок трубопровода;
- в) только от шероховатости стенок трубопровода;
- г) от числа Re, от длины и шероховатости стенок трубопровода.

От чего зависит коэффициент гидравлического трения в третьей области турбулентного режима?

- а) только от числа Re;
- б) от числа Re и шероховатости стенок трубопровода;
- в) только от шероховатости стенок трубопровода;
- г) от числа Re, от длины и шероховатости стенок трубопровода.

Какие трубы имеют наименьшую абсолютную шероховатость?

- а) чугунные;
- б) стеклянные;
- в) стальные;
- г) медные.

Что такое короткий трубопровод?

- а) трубопровод, в котором линейные потери напора не превышают 5...10% местных потерь напора;
- б) трубопровод, в котором местные потери напора превышают 5...10% потерь напора по длине;
- в) трубопровод, длина которого не превышает значения 100d;
- г) трубопровод постоянного сечения, не имеющий местных сопротивлений.

Что такое длинный трубопровод?

- а) трубопровод, длина которого превышает значение 100d;
- б) трубопровод, в котором линейные потери напора не превышают 5...10% местных потерь напора;
- в) трубопровод, в котором местные потери напора меньше 5...10% потерь напора по длине;
- г) трубопровод постоянного сечения с местными сопротивлениями.

На какие виды делятся длинные трубопроводы?

- а) на параллельные и последовательные;
- б) на простые и сложные;
- в) на прямолинейные и криволинейные;
- г) на разветвленные и составные.

Что такое характеристика трубопровода?

- а) зависимость давления на конце трубопровода от расхода жидкости;
- б) зависимость суммарной потери напора от давления;
- в) зависимость суммарной потери напора от расхода;
- г) зависимость сопротивления трубопровода от его длины.

Статический напор Нст это:

- а) разность геометрической высоты Δz и пьезометрической высоты в конечном сечении трубопровода;
- б) сумма геометрической высоты Δz и пьезометрической высоты в конечном сечении трубопровода;
- в) сумма пьезометрических высот в начальном и конечном сечении трубопровода;
- разность скоростных высот между конечным и начальным сечениями.

При истечении жидкости из отверстий основным вопросом является

- а) определение скорости истечения и расхода жидкости;
- б) определение необходимого диаметра отверстий;
- в) определение объема резервуара;
- г) определение гидравлического сопротивления отверстия.

Чем обусловлено сжатие струи жидкости, вытекающей из резервуара через отверстие

- а) вязкостью жидкости;
- б) движением жидкости к отверстию от различных направлений;
- в) давлением соседних с отверстием слоев жидкости;
- г) силой тяжести и силой инерции.

Что такое совершенное сжатие струи?

- а) наибольшее сжатие струи при отсутствии влияния боковых стенок резервуара и свободной поверхности;

- б) наибольшее сжатие струи при влиянии боковых стенок резервуара и свободной поверхности;
- в) сжатие струи, при котором она не изменяет форму поперечного сечения;
- г) наименьшее возможное сжатие струи в непосредственной близости от отверстия.

Коэффициент сжатия струи характеризует

- а) степень изменение кривизны истекающей струи;
- б) влияние диаметра отверстия, через которое происходит истечение, на сжатие струи;
- в) степень сжатия струи;
- г) изменение площади поперечного сечения струи по мере удаления от резервуара.

В формуле для определения скорости истечения жидкости через отверстие буквой ϕ обозначается

- а) коэффициент скорости;
- б) коэффициент расхода;
- в) коэффициент сжатия;
- г) коэффициент истечения.

При истечении жидкости через отверстие произведение коэффициента сжатия на коэффициент скорости называется

- а) коэффициентом истечения;
- б) коэффициентом сопротивления;
- в) коэффициентом расхода;
- г) коэффициентом инверсии струи.

Гидравлические машины

Общие сведения о гидравлических машинах.

Гидравлические машины, их назначение и классификация. Насосы. Классификация и область применения. Параметры, характеризующие работу насосов.

Динамические насосы.

Классификация лопастных насосов по принципу действия, по напору, мощности. Устройство и принцип действия ц/б насосов. Формулы теоретического напора ц/б насоса. Основы теории подобия лопастных насосов. Пересчет рабочих характеристик лопастных насосов на другую частоту вращения и другой диаметр рабочего колеса. Кавитация в лопастных насосах. Сущность кавитационных явлений. Определение критического кавитационного запаса.

Объемные насосы.

Поршневые насосы, устройство и принцип действия. Классификация, рабочие характеристики. Плунжерные, диафрагмовые насосы и насосы вытеснения. Роторные насосы: шестеренные, винтовые, роторно-шестеренные. Особенности конструкции и принцип действия.

Гидравлические двигатели.

Гидравлические двигатели. Общая классификация. Объемные гидродвигатели. Гидродвигатели прямолинейного и поворотного движения. Гидроцилиндры. Конструктивные схемы, принципы работы. Регулирование скорости движения гидроцилиндра. Область применения.

Тесты для самостоятельной подготовки

Насосом называется...

- а) машина, предназначенная для перекачки жидкости
- б) машина, предназначенная для перекачки жидкости и передачи механической энергии приводного двигателя потоку жидкости
- в) машина, предназначенная для перекачки жидкости и передачи электрической энергии приводного двигателя потоку жидкости
- г) машина, предназначенная для передачи электрической энергии приводного двигателя потоку жидкости

По принципу действия насосы классифицируются:

- а) центробежные и вихревые
- б) объемные и поршневые
- в) динамические и лопастные
- г) объемные и динамические

Какими параметрами характеризуется работа центробежного насоса?

- а) подача Q , напор H , мощность N , коэффициент полезного действия η , высота всасывания $H_{\text{вас}}$
- б) подача Q , геометрический напор Z , диаметр трубопровода d , коэффициент полезного действия η
- в) напор H , мощность N , коэффициент полезного действия η , высота всасывания $H_{\text{вас}}$

Напор насоса это:

- а) Количество жидкости, которую перекачивает насос в единицу времени
- б) Энергия, получаемая насосом от приводного двигателя
- в) Приращение энергии, получаемое единицей веса жидкости, проходящей через насос
- г) Приращение энергии, получаемое единицей объема жидкости, проходящей через насос

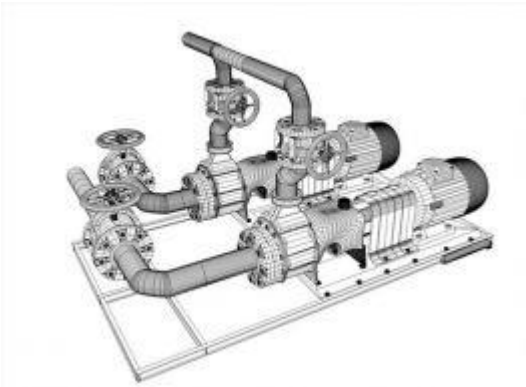
Подача насоса это:

- а) Максимально допустимое количество перекачиваемой жидкости
- б) Максимально допустимое, по условиям кавитации, количество перекачиваемой жидкости
- в) Количество жидкости, перемещаемое насосом в единицу времени

При параллельном соединении центробежных насосов складываются:

- а) Напор
- б) Расход
- в) Давление
- г) Скорость

Какое соединение насосов представлено на рисунке?



- а) параллельное
- б) последовательное
- в) замкнутое

Что такое «кавитация» в центробежном насосе?

- а) Повышение давления в насосе до «критического»
- б) Отставание струй жидкости от направляющих поверхностей
- в) Нарушение «торцевого уплотнения»

Количество лопаток в рабочем колесе центробежного насоса?

- а) 4 – 10
- б) 6 – 8
- в) 6 – 12

К какому типу машин (по принципу действия) относятся центробежные насосы?

- а) Динамические
- б) Объемные
- в) Напорные

К какому типу машин (по принципу действия) относятся поршневые насосы?

- а) Динамические
- б) Объемные
- в) Напорные

Чем обусловлены объемные потери в насосах?

- а) Перетеканием жидкости из нагнетательной во всасывающую зону через зазоры между рабочим колесом и корпусом
- б) Вихревыми течениями, связанными с крутыми поворотами и отрывом потока от ограничивающих поверхностей
- в) Силами трения жидкости в пределах рабочего колеса
- г) Изменением скорости потока по значению и направлению при обтекании препятствий

Чем обусловлены механические потери в насосах?

- а) потери на трение в подшипниках, уплотнениях вала и на трение наружной поверхности рабочих колес о жидкость
- б) потери на преодоление гидравлического сопротивления подвода, рабочего колеса и отвода

в) потери обусловлены внутренним перетеканием жидкости через зазоры между вращающимся рабочим колесом и неподвижными деталями корпуса насоса из области высокого давления в область низкого давления

Чем обусловлены гидравлические потери в насосах?

- а) Вихревыми течениями, связанными с крутыми поворотами и отрывом потока от ограничивающих поверхностей
- б) Силами трения жидкости в пределах рабочего колеса
- в) Изменением скорости потока по значению и направлению при обтекании препятствий
- г) Всеми перечисленными явлениями

Зона наименьшего давления при работе центробежного насоса расположена:

- а) после расходомерной шайбы
- б) перед расходомерной шайбой на выходе из насоса
- в) после входа жидкости на лопатки рабочего колеса насоса

Назначение гидроцилиндра:

- а) обеспечить вращение выходного звена;
- б) обеспечить подачу жидкости к выходному звену;
- в) преобразовать энергию потока жидкости в механическую энергию выходного звена.

Назовите основные параметры гидромотора.

- а) давление, рабочий объем, КПД;
- б) номинальное давление, рабочий объем, частота вращения вала, КПД;
- в) давление, рабочий объем, КПД, мощность;
- г) давление, рабочий объем, частота вращения вала, расход, крутящий момент, мощность, КПД;
- д) напор, рабочий объем, частота вращения вала, мощность.

Гидравлический привод

Основные элементы объёмного гидропривода.

Общие сведения, область применения, классификация гидроприводов. Основные элементы гидропривода. Условное обозначение элементов гидропривода.

Общие сведения о гидродинамических передачах.

Принцип работы гидромуфты и гидротрансформатора. Основные рабочие характеристики гидромуфт и гидротрансформаторов.

Тесты для самостоятельной подготовки

Назначение объёмного гидропривода:

- а) приведение в движение механизмов;
- б) передача энергии рабочим органам и механизмам;
- в) приведение в движение механизмов и машин с помощью рабочей жидкости;
- г) приведение в движение механизмов и машин с помощью рабочей жидкости под давлением.

Какие основные теоретические положения лежат в основе действия объёмного гидропривода?

- а) закон Паскаля, несжимаемость жидкости;
- б) закон Паскаля, уравнение Бернулли;

- в) несжимаемость жидкости, закон Паскаля, уравнение Бернулли;
- г) несжимаемость жидкости, уравнение Бернулли.

Для чего применяется объемное регулирование в гидроприводе?

- а) для изменения рабочего объема насоса;
- б) для изменения подачи насоса;
- в) для изменения скорости движения выходного звена гидродвигателя;
- г) для изменения давления в гидросистеме.

Какие функции выполняет гидроаппаратура?

- а) изменяет давление;
- б) изменяет расход жидкости и давление;
- в) изменяет параметры потока;
- г) управляет потоком и изменяет параметры потока.

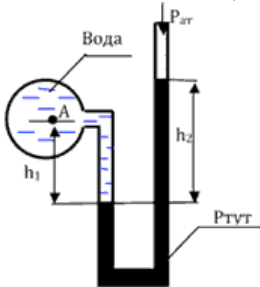
Какая из гидродинамических передач содержит кроме насосного, турбинного колес хотя бы одно дополнительное колесо, которое при большинстве режимов является неактивным или реактивным?

- а) реверсивный гидромотор;
- б) фильтр;
- в) гидромурфта;
- г) гидротрансформатор;
- д) насос.

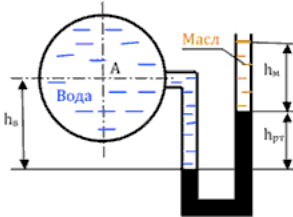
Типовые задачи для самостоятельной подготовки

Основные законы гидростатики. Сила гидростатического давления.

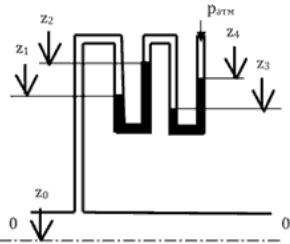
1. Определить плотность жидкости, если известно, что жидкость занимает объем $V = 150$ л, при этом масса жидкости $m = 122$ кг.
2. Вычислить плотность жидкости и ее удельный объем, если жидкость находится в емкости массой $m_{\text{емк}} = 5,5$ кг. Масса заполненной жидкостью емкости $m_{\text{общ}} = 18,9$ кг, а ее объем $V = 15$ л.
3. Вычислить кинематическую вязкость воды при $t_1 = 20$ °С, если значение динамической вязкости составляет $\mu = 1,02 \cdot 10^{-3}$ Па · с (плотность воды при данной температуре принять равной $\rho = 998$ кг/м³). Чему будет равна кинематическая вязкость воды после повышения ее температуры на $\Delta t = 2$ °С?
4. После сжатия воды в цилиндре под поршнем давление в ней увеличилось на 3 кПа. Необходимо определить конечный объем воды в цилиндре, если ее первоначальный объем составлял $W_1 = 2,55$ л, коэффициент объемного сжатия воды $\beta_w = 4,75 \cdot 10^{-10}$ 1/Па.
5. Определить объем воды, который необходимо дополнительно подать в водовод диаметром $d = 500$ мм и длиной $l = 1$ км для повышения давления до $\Delta p = 5 \cdot 10^6$ Па. Водовод подготовлен к гидравлическим испытаниям и заполнен водой при атмосферном давлении. Деформацией трубопровода можно пренебречь.
6. Определить манометрическое и абсолютное давление в точке А сосуда, заполненного водой, если $h_1 = 30$ см, показание ртутного манометра $h_2 = 60$ см.



7. Определить абсолютное и избыточное давление в точке А на оси трубы, если разность уровней ртути в дифференциальном манометре $h_{\text{рт}} = 160$ мм, высота масла $h_{\text{м}} = 160$ мм, высота воды в резервуаре $h_{\text{в}} = 0,8$ м, плотность ртути $\rho_{\text{рт}} = 13,6$ т/м³, плотность масла $\rho_{\text{м}} = 0,85$ т/м³.



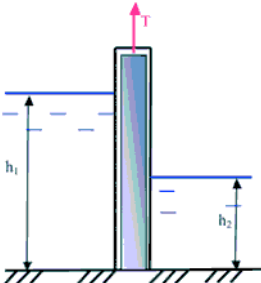
8. Определить избыточное давление воды в трубе по показаниям батарейного ртутного манометра. Отметки уровней ртути от оси трубы: $z_1 = 1,75$ м; $z_2 = 3$ м; $z_3 = 1,5$ м; $z_4 = 2,5$ м.



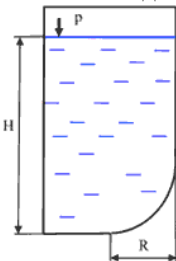
9. Определить величину и точку приложения силы гидростатического давления на плоскую боковую стенку, если глубина воды $H = 2$ м, а ширина стенки $B = 3$ м. Построить эпюру избыточного гидростатического давления.

10. Плоский щит перекрывает канал шириной $b = 1,8$ м. Глубина воды перед щитом $h = 2,5$ м. Определить силу давления воды на щит и точку приложения этой силы аналитическим и графоаналитическим методом. Определить минимальное подъемное усилие щита T , если его вес $G = 20$ кН. Коэффициент трения щита по опорам при подъеме $f = 0,25$.

11. Определить подъемное усилие T для прямоугольного плоского щита, перекрывающего водопропускное отверстие рудничной плотины. Пролет затвора в свету $b = 2$ м, глубина воды до щита $h_1 = 2,2$ м, после щита $h_2 = 0,8$ м, коэффициент трения между щитом и поверхностью пазов $f = 0,15$. Масса щита $M = 450$ кг. Решить аналитически и графически.

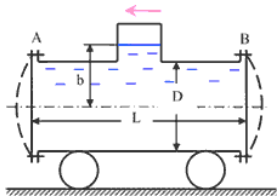


12. Определить величину и направления равнодействующей давления воды на криволинейную стенку резервуара в виде четверти цилиндрической поверхности радиусом $R = 0,8$ м, шириной $b = 4$ м, если глубина воды в резервуаре $H = 2$ м, избыточное давление на поверхности воды $p = 5$ кПа.

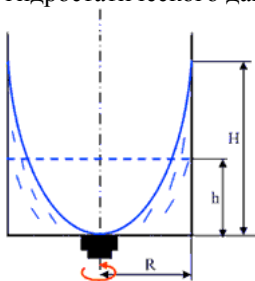


13. Цистерна диаметром $D = 1,2$ м и длиной $L = 2,5$ м, наполненная водой до высоты $b = 1$ м, движется горизонтально с постоянным ускорением $a = 2$ м/с².

Определить усилия, действующие со стороны нефти на плоские боковые крышки А и В цистерны.



14. Открытый в атмосферу вертикальный цилиндрический сосуд радиусом $R = 0,4$ м заполнен первоначально $h = 1,0$ м водой при температуре $t = 40$ °С. Сосуд приводится во вращения с числом оборотов n , обеспечивающим касания дна вершиной параболоида. Определить высоту поднятия воды в сосуде и силу гидростатического давления на дно сосуда.



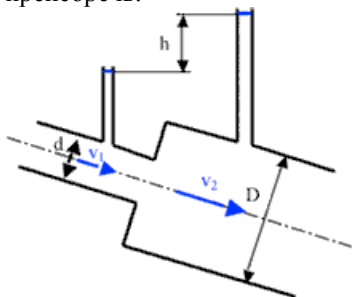
Виды движения жидкости. Основные гидравлические характеристики потока и элементы живого сечения.

15. Труба, по которой течет вода, имеет переменное сечение. Определить скорость во втором сечении, если скорость в первом сечении $v_1 = 0,05$ м/с; $d_1 = 0,2$ м; $d_2 = 0,1$ м.

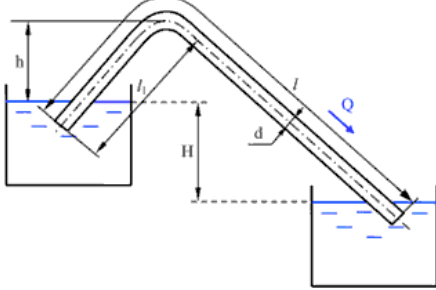
16. По полностью затопленному трубопроводу перекачивается жидкость со скоростью $v = 0,2$ м/с. Определить расход жидкости Q , если гидравлический радиус $R = 0,015$ м.

Основные уравнения гидродинамики. Уравнение Бернулли.

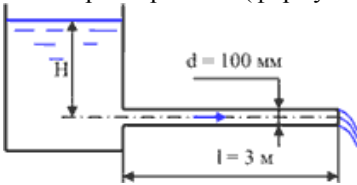
17. При внезапном расширении трубопровода скорость жидкости в трубе меньшего диаметра равна $v_1 = 4$ м/с. Определить разность показаний пьезометров h , если отношение диаметров труб $D/d = 2$. Потерями напора пренебречь.



18. Из одного резервуара в другой поступает вода по сифонному трубопроводу диаметром $d = 50$ мм, длиной $l = 10$ м. Разность уровней воды в резервуарах $H = 1,2$ м. Превышение наивысшей точки сифона над уровнем воды в первом резервуаре $h = 1$ м. Определить расход воды в сифоне и абсолютное давление в наивысшей точке сифона, если длина от начала сифона до этой точки $l_1 = 4$ м. Коэффициент Дарси принять равным $\lambda = 0,03$, коэффициент потерь на плавном повороте $\zeta_{пов} = 0,45$.



19. По трубопроводу диаметром $d = 100$ мм и длиной $l = 3$ м движется вода. Чему равен напор H , при котором происходит смена ламинарного режима турбулентным? Местные потери напора не учитывать. Температура жидкости $t = 20$ °С. Указания. Воспользоваться формулой для потерь на трения при ламинарном режиме (формула Пуазейля).



20. По трубе диаметром $d = 50$ мм движется вода. Определить расход, при котором турбулентный режим движения сменится ламинарным, если температура воды $t = 15$ °С.

Режимы движения жидкости

21. Определить число Рейнольдса и режим движения воды в водопроводной трубе диаметром $d = 300$ мм, если расход $Q = 0,136$ м³/с. Коэффициент кинематической вязкости для воды (при $t = 10$ °С) $\nu = 1,306 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

22. Как изменяется число Рейнольдса при переходе трубопровода от меньшего диаметра к большему при сохранении постоянства расхода ($Q = \text{const}$)?

Определение потерь напора

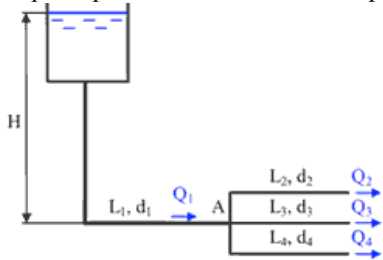
23. Определить потери напора в трубопроводе прямоугольного сечения размером (300 x 400) мм и длиной $L = 300$ м. Эквивалентная шероховатость $\Delta = 0,3$ мм, расход воды $Q = 60$ л/с. Температура 20 °С

24. Определить потери напора в стальном трубопроводе ($\Delta = 0,5$ мм) диаметром $d = 100$ мм и длиной $L = 500$ м, если расход воды $Q = 50$ л/с, а ее температура 20 °С.

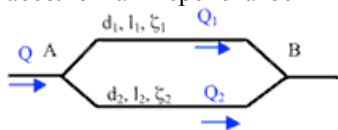
Гидравлические расчёты трубопроводов

25. Определить общий расход воды Q_1 , поступающей по системе труб под напором $H = 5,12$ м. Диаметры труб: $d_1 = 150$ мм; $d_2 = d_3 = d_4 = d = 125$ мм. Длина

труб: $L_1 = 160$ м; $L_2 = L_3 = L_4 = L = 80$ м. Воспользоваться значениями расходных характеристик для новых водопроводных (стальных) труб.

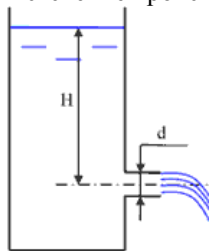


26. Трубопровод, пропускающий расход $Q = 33$ л/с, разветвляется в точке А на два, которые соединяются в точке В. Перепад давлений в точках А и В составляет $\Delta p = 0,49$ МПа. Определить диаметры участков трубопровода d_1 и d_2 , исходя из того, чтобы расход на втором участке был бы в два раза больше, чем на первом. Коэффициенты местных гидравлических сопротивлений участков соответственно равны $\zeta_1 = 20$ и $\zeta_2 = 18$; длины участков $l_1 = l_2 = 1000$ м, абсолютная шероховатость $\Delta = 0,1$ мм, температура воды $t = 20$ °С.



Истечение жидкости из отверстий и насадков

27. Определить напор в баке, если расход воды при истечении через цилиндрический насадок диаметром $d = 0,05$ м составляет $Q = 0,05$ м³/с. Истечение происходит при постоянном напоре.



2. Требования к выполнению и оформлению контрольной работы

В соответствии с учебным планом по направлению подготовки 35.03.06 – «Агроинженерия», студенты выполняют письменную контрольную работу по дисциплине «Гидравлика». Номера задач и теоретических вопросов выбираются по таблице 1 в зависимости от номера зачетной книжки.

Контрольная работа выполняется с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ. Шрифт Times New Roman, размер шрифта 14, межстрочный интервал 1,5 строки, выравнивание основного текста по ширине, заголовков по центру.

Титульный лист оформляется в соответствии с СТП 01-10, следующий лист оформляется рамкой и основной надписью по форме 2 (высотой 40 мм), который используется для задания. Последующие листы оформляются по форме 2а (высотой 15 мм). Расстояние по бокам от рамки формы до границ текста в начале и в конце строк – не менее 3 мм. Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки должно быть не менее 10 мм. Абзацы в тексте начинают отступом, равным 15-17 мм. Оформление рисунков, формул и таблиц должно соответствовать СТП 01-10.

Опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения документа, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста (графики) машинописным или рукописным способом.

Решение задач проводится в единой системе единиц СИ. В конце работы необходимо представить перечень использованной литературы с указанием фамилии и инициалов автора, полного названия источника, места издания, издательства и года издания.

Задание для выполнения контрольной работы

Таблица 1 – Номера задач и вопросов контрольной работы

(последняя цифра зачетки)	№ задач	№ Теоретических вопросов
0	1;6;11;16;23	1;11;21;31
1	2;7;12;17;24	2;12;22;32
2	3;8;13;18;25	3;13;23;33
3	4;9;14;19;23	4;14;24;34
4	5;10;15;20;24	5;15;25;35
5	1;6;11;21;25	6;16;26;36
6	2;7;12;22;23	7;17;27;37
7	3;8;13;16;24	8;18;28;38
8	4;9;14;17;25	9;19;29;39
9	5;10;15;18;23	10;20;30;40

Гидростатика

1.1 Физические свойства жидкостей

Жидкость – это физическое тело, обладающее двумя отличительными особенностями: незначительным изменением своего объема под действием больших внешних сил и текучестью, то есть изменение своей формы под действием даже незначительных внешних сил.

Плотность ρ – масса единицы объема жидкости:

$$\rho = \frac{m}{W}, \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right] \quad (1)$$

Плотность жидкостей уменьшается с увеличением температуры. Исключение представляет вода в диапазоне температур 0 – 4 °С, когда ее плотность увеличивается достигая наибольшего значения при $t = 4$ °С, $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Удельный вес γ – вес единицы объема жидкости:

$$\gamma = \frac{G}{W}, \left[\frac{\text{Н}}{\text{м}^3} \right] \quad (2)$$

Между плотность и удельным весом существует связь:

$$\gamma = \rho \cdot g \quad (3)$$

Сжимаемость жидкости характеризуется коэффициентом объемного сжатия, который представляет собой относительное изменение объема жидкости при изменении давления на единицу:

$$\beta_w = \frac{W_1 - W_2}{W_1 \cdot p}, \left[\frac{\text{м}^2}{\text{Н}} \right], \quad (4)$$

W_1 – первоначальный объем

W_2 – объем после сжатия.

Величина, обратная коэффициенту объемного сжатия, называется модуль объемной упругости.

$$E_{\text{жс}} = \frac{1}{\beta_w}, \left[\frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \right] \quad (5)$$

Коэффициент температурного расширения выражает относительное изменение объема при изменении температуры на один градус:

$$\beta_t = \frac{W_1 - W_2}{W_1 \cdot p}, \left[\frac{1}{^\circ\text{C}} \right] \quad (6)$$

Вязкость – это способность жидкости оказывать сопротивление сдвигу её слоев, проявляется только в движущейся жидкости. Характеризуется коэффициентами кинематической и динамической вязкости.

$$\nu = \mu/\rho, \quad (7)$$

Единицей кинематического коэффициента вязкости является стокс (Ст), или $1 \text{ см}^2/\text{с}$, а также сантистокс (сСт): $1 \text{ сСт} = 0,01 \text{ Ст}$. В системах МКГСС и СИ единицей кинематического коэффициента вязкости является $\text{м}^2/\text{с}$: $1 \text{ м}^2/\text{с} = 10^4 \text{ Ст}$.

1.2 Задачи

Задача 1. Определить изменение плотности воды при нагревании ее от температуры t_1 до температуры t_2 .

Исходные данные	предпоследняя цифра зачетки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$t_1, ^\circ\text{C}$	1	8	12	15	19	22	25	28	30	33
$t_2, ^\circ\text{C}$	46	52	64	70	76	80	88	90	92	98

Задача 2. Определить объем воды, который необходимо дополнительно подать в водопровод диаметром d и длиной L для повышения давления до Δp . Водопровод подготовлен к гидравлическим испытаниям и наполнен водой при атмосферном давлении. Деформацией трубопровода можно пренебречь.

Исходные данные	предпоследняя цифра зачетки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d, \text{мм}$	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900
$L, \text{км}$	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8
$\Delta p, \text{Па}$	$1 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^6$	$6 \cdot 10^6$	$7 \cdot 10^6$	$8 \cdot 10^6$	$9 \cdot 10^6$	10^7

Задача 3. Определить высоту подъема воды в стеклянном капилляре диаметром d , при температуре воды t_1 и t_2 .

Исходные данные	предпоследняя цифра зачетки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d, \text{м}$	0,00 1	0,00 2	0,00 3	0,00 35	0,00 4	0,00 45	0,00 5	0,00 55	0,00 6	0,00 65
$t_1, \text{°C}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_2, \text{°C}$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99

Задача 4. Сосуд заполнен водой, занимающей объем V_1 . Насколько уменьшится и чему будет равен этот объем при увеличении давления на величину Δp ?

Исходные данные	предпоследняя цифра зачетки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$V_1, \text{м}^3$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\Delta p, \text{кг/см}^2$	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Задача 5. Определить изменение плотности воды при ее сжатии от p_1 до p_2 .

Исходные данные	предпоследняя цифра зачетки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p_1, \text{Па}$	$1 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^5$	$7 \cdot 10^5$	$8 \cdot 10^5$	$9 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^6$
$p_2, \text{Па}$	$5 \cdot 10^6$	$6 \cdot 10^6$	$7 \cdot 10^6$	$8 \cdot 10^6$	$9 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^7$	$8 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^8$

2.1 Основное уравнение гидростатики

Уравнение равновесия жидкости может быть записано в дифференциальной форме (уравнение Л. Эйлера):

$$X dx + Y dy + Z dz - \frac{1}{\rho} dp = 0 \quad (8)$$

где X, Y, Z – проекции массовых сил на оси координат, отнесенные к единице массы; ρ – плотность жидкости, кг/м^3 .

Основное уравнение гидростатики имеет вид:

$$Z_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} = Z_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g}, \quad (9)$$

где Z_1, Z_2 – расстояния от плоскости сравнения до рассматриваемых точек;

p_1, p_2 – гидростатические давления в этих точках;

g – ускорение силы тяжести, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$.

В соответствии с основным уравнением гидростатики абсолютное гидростатическое давление в точке определяется по формуле

$$p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h, \quad (10)$$

где p_0 – давление на свободной поверхности или внешнее давление, Па;

h – глубина погружения точки под свободной поверхностью, м.

Произведение $\rho \cdot g \cdot h$ называется избыточным или весовым давлением.

2.2 Задачи

Задача 6. На свободную поверхность закрытого резервуара, наполненного нефтью, действует давление $p_{изб}$. На глубине h от свободной поверхности жидкости к резервуару присоединены: пружинный манометр M , пьезометр и U - образный ртутный манометр. Определить показания приборов.

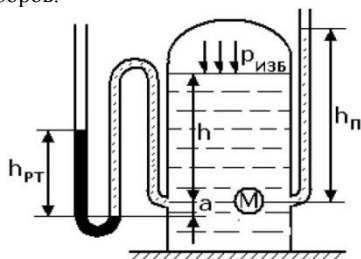


Рисунок 1

Исходные данные	предпоследняя цифра зачетки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_{изб}$, бар	1,0	1,5	2,0	2,4	2,8	2,6	2,2	1,8	1,4	1,2
h , м	6,0	5,0	4,0	2,0	1,0	1,5	1,8	3,0	2,5	4,5
a , м	0,1	0,05	0,04	0,1	0,05	0,06	0,12	0,1	0,08	0,06

Задача 7. Определить усилие, которое действует на крышку, закрывающую круглый люк диаметром D , в сосуде с двумя несмешивающимися жидкостями плотностью ρ_1 и ρ_2 при давлении на свободной поверхности $P_{изб}$ и высоте жидкостей H , если $H_1 = \alpha H$.

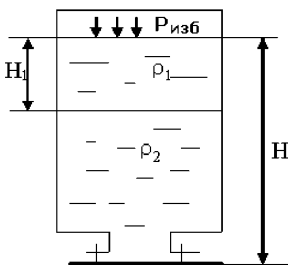


Рисунок 2

Исходные данные	предпоследняя цифра зачетки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
D , мм	100	150	200	100	150	250	120	100	220	300
H , м	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	3,5	4,0	4,5	5,5	5,0
α	0,3	0,5	0,6	0,7	0,4	0,5	0,5	0,3	0,6	0,7
$p_{изб}$, 10^5 Па	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	0,7	2,0	2,1	1,8	1,9
ρ_1 , кг/м ³	1100	1200	1050	1000	1050	900	1300	1000	980	850
ρ_2 , кг/м ³	1500	1700	1730	1550	1800	1200	1900	1500	1400	1300

Задача 8. Какую силу P_2 необходимо приложить к большому поршню, чтобы система находилась в равновесии? Трубки заполнены водой, весом поршней пренебречь.

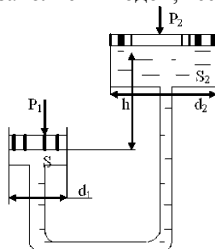


Рисунок 3

Исходные данные	предпоследняя цифра зачетки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_1, \text{Н}$	145	160	200	250	120	130	180	150	170	200
$d_1, \text{мм}$	50	40	30	20	60	45	25	35	40	30
$d_2, \text{мм}$	300	200	160	150	350	270	150	200	250	200
$h, \text{мм}$	300	350	400	450	250	300	300	400	300	400

Задача 9. Шаровой клапан закрывает круглое отверстие диаметром d в вертикальной стенке, расположенной на глубине от поверхности воды. Определить минимальный вес груза G , уравновешивающего давление жидкости на клапан, если плечо рычага равно l_1 , расстояние от шарнира до центра шара l_2 , а избыточное давление над поверхностью жидкости $P_{\text{изб}}$. Собственным весом шара и рычагов пренебречь.

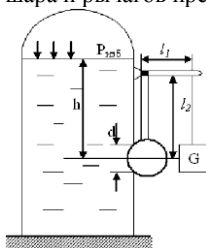


Рисунок 4

Исходные данные	предпоследняя цифра зачетки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d_2, \text{мм}$	150	60	80	100	120	140	170	200	180	190
$h, \text{м}$	4,4	4,2	3,0	2,0	1,8	5,0	7,0	5,5	3,5	4,8
$l_1, \text{м}$	0,8	1,0	1,2	1,4	0,6	0,4	0,3	1,5	1,8	2,0
$l_2, \text{м}$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,4	0,3	0,7	0,6	1,0
$P_{\text{изб}}, 10^5 \text{ Па}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9

Задача 10. К всасывающей стороне цилиндра присоединен водяной вакуумметр с показанием h . Определить разрежение под поршнем

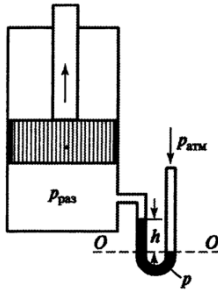


Рисунок 4

Исходные данные	предпоследняя цифра зачетки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$h, \text{ м}$	0,15	0,3	0,45	0,6	0,75	0,9	1,1	1,4	1,6	2

3.1 Сила давления жидкости на поверхности

Сила давления жидкости на плоскую стенку определяется по формуле

$$P = (p_o + \rho \cdot g \cdot h_c) \cdot F, \quad (11)$$

где h_c – глубина погружения центра тяжести плоской стенки, м;

F – площадь стенки, м^2 .

Величина $\rho \cdot g \cdot h_c \cdot F$ называется силой избыточного давления. Точка её приложения не совпадает с центром тяжести фигуры и называется центром давления (рис. 1).

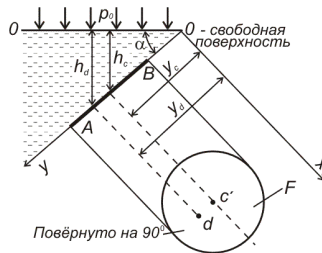


Рисунок 5. Определение центра давления
 AB – след плоской стенки; ox, oy – оси координат;
 α – угол наклона стенки к горизонту

Определяется центр давления по формуле:

$$y_d = y_c + \frac{J_o}{y_c \cdot F}, \quad (12)$$

где y_d – расстояние от свободной поверхности до центра давления (считая по наклону стенки),

$$y_d = h_q : \sin \alpha ;$$

y_c – расстояние от свободной поверхности до центра тяжести стенки (считая по наклону стенки),

$$y_c = h_c : \sin \alpha ;$$

J_o – момент инерции фигуры относительно оси, проходящей через центр тяжести фигуры.

Центр давления располагается всегда ниже центра тяжести стенки на величину $J_o / y_c F$.

В частном случае для плоской прямоугольной стенки, когда верхняя кромка её совпадает с уровнем свободной поверхности, глубина погружения центра давления равна двум третьим высоты.

Сила давления жидкости на цилиндрическую поверхность определяется как равнодействующая двух сил – горизонтальной и вертикальной

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2}, \quad (13)$$

где P_x – горизонтальная составляющая; P_z – вертикальная составляющая.

Величина P_x определяется по формуле

$$P_x = \rho \cdot g \cdot h_o \cdot F_z, \quad (14)$$

где F_z – площадь вертикальной проекции цилиндрической стенки, m^2 ;

h_o – глубина погружения центра тяжести этой проекции, m .

Учитывая угол наклона равнодействующей силы P к горизонту, горизонтальная составляющая равна $P_x = P \cdot \cos \alpha$, а вертикальная составляющая равна $P_z = P \cdot \sin \alpha$.

Величина P_z определяется по формуле:

$$P_z = \rho \cdot g \cdot V_o, \quad (15)$$

где V_o – объем тела давления ABB' , то есть объем, заключенный между цилиндрической поверхностью AB , пьезометрической плоскостью OX (свободная поверхность) и вертикальной проектирующей плоскостью $B'BA$, построенной по периметру цилиндрической поверхности (рис. 2).

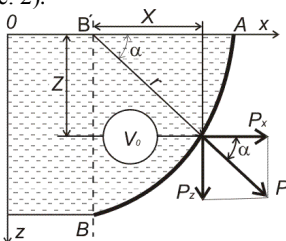


Рис. 6. Объем тела давления

Задача 11. Определить силу суммарного давления воды на плоский щит, перекрывающий канал, и усилие, которое необходимо приложить для подъема щита. Ширина канала b , глубина воды в нем h , вес щита G , коэффициент трения щита по опорам f .

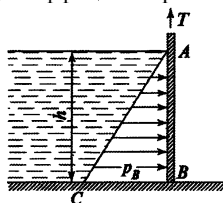


Рисунок 7

Исходные данные	предпоследняя цифра зачетки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$b, м$	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6
$h, м$	1,5	2	3	4	5	5,5	6	6,5	7	8
$G, кН$	10	15	17	20	23	26	28	30	32	35
f	0,12	0,14	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55

Задача 12. Щит, перекрывающий канал, расположен под углом α к горизонту и закреплен шарнирно к опоре над водой. Определить усилие, которое необходимо приложить к тросу для открывания щита шириною b , глубина воды перед щитом H_1 , а после щита H_2 , шарнир расположен над высоким уровнем воды на расстоянии H_3 .

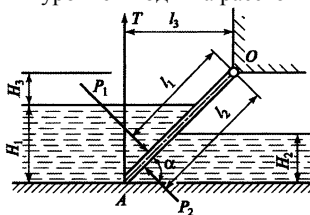


Рисунок 8

Исходные данные	предпоследняя цифра зачетки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\alpha, ^\circ$	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
$b, \text{ м}$	1,5	2	3	4	5	5,5	6	6,5	7	8
$H_1, \text{ м}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$H_2, \text{ м}$	0,5	1	1,5	2	3	4	4,5	5,5	6,5	7
$H_3, \text{ м}$	0,5	0,75	1	1,5	2	3,5	4	4,5	5	5,5

Задача 13. Определить силу F , необходимую для удержания вертикальной стенки шириной b и высотой H м при глубине воды слева h_1 , справа h_2 .

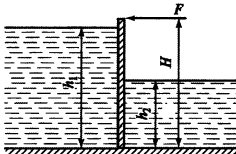


Рисунок 9

Исходные данные	предпоследняя цифра зачетки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$b, \text{ м}$	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6
$H, \text{ м}$	1,5	1,5	2	3,5	4	5,5	6	7	7,5	9
$h_1, \text{ м}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$h_2, \text{ м}$	0,5	1	2	2,5	3,5	5	5,5	6	7	8

Задача 14. Определить силу давления воды на цилиндрическую стенку резервуара, а также угол наклона к горизонту линии действия этой силы а, если радиус стенки R , ширина стенки B , высота уровня воды в трубке пьезометра, установленного на верхней крышке резервуара, h .

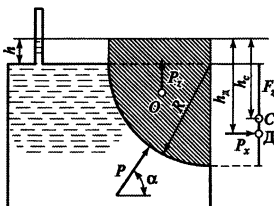


Рисунок 10

Исходные данные	предпоследняя цифра зачетки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$R, м$	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
$B, м$	0,5	0,75	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
$h, м$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,75	1	1,5	2	2,5

Задача 15. В стенке резервуара просверлен трап, который закрывается полусферической крышкой радиусом R и весом G . Какова должна быть высота H воды в резервуаре, чтобы крышка открылась?

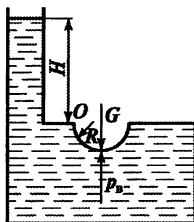


Рисунок 11

Исходные данные	предпоследняя цифра зачетки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$R, м$	0,1	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	5
$G, Н$	200	300	400	700	800	900	1100	1400	1700	1900

ГИДРОДИНАМИКА

4.1 Уравнение неразрывности. Уравнение Бернулли

Уравнение неразрывности потока (уравнение баланса расхода) справедливо для установившегося движения, отражает свойства несжимаемости жидкости и сплошности её движения и записывается в следующем виде:

$$\omega_1 V_1 = \omega_2 V_2 = \text{const}, \quad (16)$$

где ω_1 и ω_2 – площади соответствующих живых сечений; V_1 и V_2 – средние скорости в соответствующих сечениях.

Из этого уравнения следует:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1}, \quad (17)$$

т.е. средние скорости обратно пропорциональны соответствующим площадям живых сечений.

Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости (уравнение баланса энергии) справедливо для установившегося движения, выражает закон сохранения энергии потока движущейся жидкости и записывается в удельной форме (относительно единицы веса жидкости) для двух сечений и горизонтальной плоскости сравнения в следующем виде:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_w, \quad (18)$$

где $\frac{\alpha_1 V_1^2}{2g}$, $\frac{\alpha_2 V_2^2}{2g}$ – удельная кинетическая энергия соответственно в первом и втором сечениях (скоростной напор);

$\frac{p_1}{\gamma}$, $\frac{p_2}{\gamma}$ – удельная потенциальная энергия давления соответственно в первом и втором сечениях (пьезометрическая высота);
 z_1 , z_2 – удельная потенциальная энергия положения соответственно в первом и втором сечениях (геометрическая высота, т.е. расстояние по высоте от плоскости сравнения до центра тяжести сечения);
 h_w – потери энергии при движении потока жидкости от первого сечения до второго (потери напора);
 α – коэффициент Кориолиса, учитывающий неравномерность распределения скорости по живому сечению;
 V_1, V_2 – средние скорости в соответствующих живых сечениях;
 p_1, p_2 – избыточное давление в центре тяжести соответствующих сечений;

4.2 Задачи

Задача 16. Определить расход воды Q в трубе диаметром d_1 , имеющий плавное сужение до диаметра d_2 , если показания пьезометром: до сужения h_1 ; в сужении h_2 . Температура воды 20°C .

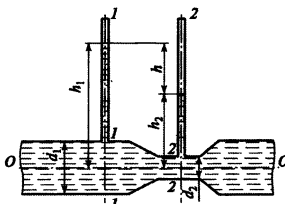


Рисунок 12

Исходные данные	предпоследняя цифра зачетки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
d_1 , мм	25	40	50	80	100	125	150	200	250	300
d_2 , мм	15	25	25	50	80	80	125	80	125	200
h_1 , см	50	30	25	40	25	50	30	45	50	40
h_2 , см	30	20	15	25	15	30	15	32	35	15

Задача 17. Определить, на какую высоту поднимется вода в трубке, один конец которой присоединен к суженному сечению трубопровода, а другой конец опущен в воду. Расход воды в трубе $Q = 0,025 \text{ м}^3/\text{с}$; избыточное давление $p_1 = 49 \text{ кПа}$; диаметры $d_1 = 100 \text{ мм}$ и $d_2 = 50 \text{ мм}$. Потерями напора пренебречь.

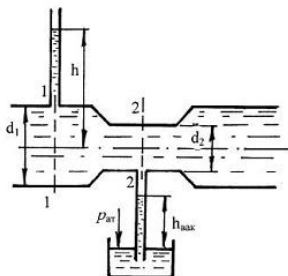


Рисунок 13

Исходные данные	предпоследняя цифра зачетки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	0,005	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08
$p_1, \text{ кПа}$	25	35	45	50	60	65	70	75	80	85
$d_1, \text{ мм}$	50	80	100	120	150	200	250	300	400	500
$d_2, \text{ мм}$	25	50	50	80	100	100	150	200	250	300

Задача 18. Вода из верхнего резервуара подается в нижний резервуар по стальному новому трубопроводу диаметром d и длиной l , имеющему два резких поворота (колена) на углы β_1 и β_2 . Разность уровней в резервуарах H , температура воды – 20°C . Определить расход воды в трубопроводе.

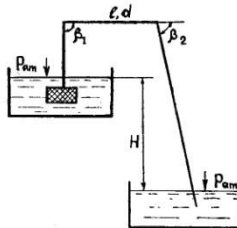


Рисунок 14

Исходные данные	предпоследняя цифра зачетки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d, \text{ мм}$	25	50	80	100	125	150	200	250	300	400
$l, \text{ м}$	20	30	40	50	70	90	100	120	130	150
$\beta_1, ^\circ$	90	60	45	30	90	60	45	30	90	60
$\beta_2, ^\circ$	30	45	60	90	30	45	60	90	30	45
H	3	5	10	15	20	25	30	35	40	50

Задача 19. Из закрытого резервуара А с манометрическим давлением на поверхности p_m , вода подается в открытый резервуар В на высоту H . Трубопровод стальной новый длиной l диаметром d , коэффициент гидравлического трения $\lambda_1 = 0,03$. Определить расход Q при полностью открытой задвижке и температуре воды $t = 20^\circ\text{C}$.

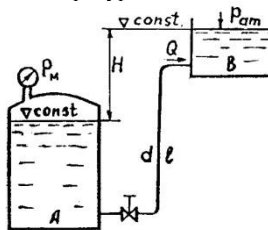


Рисунок 15

Исходные данные	предпоследняя цифра зачетки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p_m, \text{ кПа}$	50	100	200	300	500	600	700	800	900	1000
$H, \text{ м}$	1,5	2,5	4	8	12	15	20	25	30	40
$l, \text{ м}$	5	8	10	15	20	30	40	50	60	70
$d, \text{ мм}$	25	50	80	100	120	150	200	250	300	350

Задача 20. Из резервуара А минеральное масло выливается в резервуар В по стальной трубе диаметром d , в конце которой имеется пробковый кран. Определить, за какое время заполнится резервуар В объемом V , если H , длина трубопровода l м, высота выступов шероховатости $\Delta=0,1$ мм, плотность масла $\rho_M=890$ кг/м³, кинематическая вязкость $\nu=50$ сСт. Кран полностью открыт.

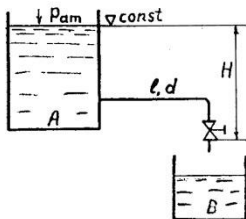


Рисунок 16

Исходные данные	предпоследняя цифра зачетки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
d , мм	25	50	80	100	120	150	200	250	300	350
V , л	50	100	200	300	500	600	700	800	900	1000
H , м	1,5	2,5	4	8	12	15	20	25	30	40
l , м	5	8	10	15	20	30	40	50	60	70

Задача 21. Всасывающий трубопровод насоса имеет длину l и диаметр d . Высота всасывания насоса h , атмосферное давление $p_{ат} = 98$ кПа. Насос подает минеральное масло при расходе Q [л/мин], кинематический коэффициент вязкости $\nu = 10$ сСт, плотности $\rho = 890$ кг/м³. Коэффициенты местных сопротивлений: плавного поворота – 0,1, вентиля – 4,0, фильтра – 10. Определить полное давление p_2 на входе в насос.

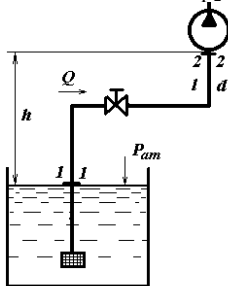


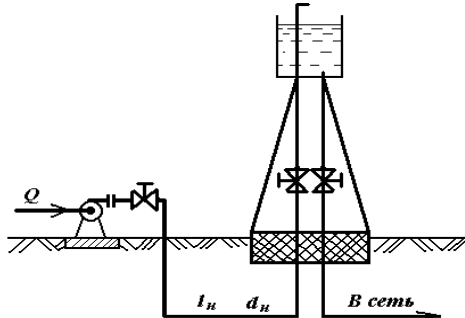
Рисунок 17

Исходные данные	предпоследняя цифра зачетки									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
l , м	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5
h , м	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3
Q , л/мин	58	56	54	52	50	48	46	44	42	40
d , мм	45	42	40	36	32	30	28	26	24	20

Задача 22. Центробежный насос, производительностью Q подает воду в водонапорную башню высотой $H_б$ по напорному трубопроводу длиной $l_н$ м. Допускаемая скорость в трубопроводе $V_{доп} = 0,7 - 1,5$ м/с, трубы стальные, бывшие в эксплуатации.

Определить диаметр нагнетательного трубопровода $d_н$ и $p_{ман}$ – манометрическое давление, нужное насосу, чтобы подать воду в водонапорную башню.

Коэффициенты местных сопротивлений: поворот на 90° – 0,3; вентиль – 4,5; выход из насоса – 1,0; свободный излив – 0,5.



Рисунк 18

Исходные данные	предпоследняя цифра зачетки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q, л/с	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
H _б , м	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11
l _н , м	300	280	260	240	220	200	180	160	140	120

5.1 Истечение жидкости через отверстие и насадки

Малым отверстием является отверстие, диаметр которого d не превышает одной десятой доли геометрического напора H :

$$d \leq 0,1H$$

Малое отверстие считается **в тонкой стенке**, если толщина стенки t меньше трёх диаметров:

$$t < 3d$$

Насадком (насадкой) называется присоединённый к малому отверстию в тонкой стенке короткий патрубок длиной от 3,5 до 7,0 диаметров. Отверстие в тонкой стенке также может рассматриваться как насадок, если толщина этой стенки больше или равна $3,5d$.

Расход жидкости при истечении через отверстие и насадок при постоянном напоре определяется по одной и той же формуле

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH_0}, \quad (19)$$

где ω – площадь выходного сечения; H_0 – действующий напор (напор истечения) представляет собой разность значений гидростатического напора на свободной поверхности в резервуаре и в центре выходного сечения струи; μ – коэффициент расхода отверстия или насадка, зависит от условий сжатия и определяется по формуле

$$\mu = \varphi \varepsilon, \quad (20)$$

где φ – коэффициент скорости, зависит от местных сопротивлений и в общем случае может быть определён по формуле

$$\varphi = 1 / \sqrt{1 + \sum \zeta}; \quad (21)$$

ε – коэффициент сжатия струи, который определяет степень сжатия и равен отношению площади в сжатом сечении на выходе из отверстия ω_c к площади самого отверстия ω :

$$\varepsilon = \omega_c / \omega. \quad (22)$$

Истечение жидкости при переменном напоре встречается в инженерной практике при резком увеличении расхода из резервуара, при опорожнении резервуаров,

при истечении из дозирующих баков биофильтров, при наполнении резервуара с постоянным притоком жидкости и т.п.

Время понижения или повышения уровня жидкости в резервуаре t определяется по формуле

$$t = \frac{2\Omega(\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2})}{\mu\omega\sqrt{2g}}, \quad (23)$$

где Ω – площадь поперечного сечения резервуара; H_1 – начальный напор; H_2 – конечный напор; μ – коэффициент расхода отверстия или насадка; ω – площадь выходного сечения.

Если $H_1 > H_2$, то происходит опорожнение, если $H_1 < H_2$, то резервуар наполняется.

При полном опорожнении резервуара $H_2 = 0$, и тогда формула (3.65) примет следующий вид:

$$t = \frac{2\Omega\sqrt{H_1}}{\mu\omega\sqrt{2g}} = \frac{2\Omega H_1}{\mu\omega\sqrt{2g}H_1} = \frac{2W}{Q}, \quad (24)$$

где W – первоначальный объём жидкости в резервуаре при напоре H_1 ; Q – расход жидкости при постоянном напоре H_1 .

Из (21) видно, что время полного опорожнения резервуара в два раза больше времени истечения того же объёма жидкости при постоянном напоре.

При истечении жидкости через отверстие и насадки под уровень (затопленное истечение) расход жидкости Q определяется по формуле, аналогичной формуле (3.55):

$$Q = \mu\omega\sqrt{2gz}, \quad (25)$$

где z – расстояние от горизонта жидкости в первом резервуаре до горизонта жидкости во втором резервуаре.

Задача 23. Из резервуара в атмосферу вытекает вода при постоянном напоре H через круглое отверстие в тонкой стенке и внешний цилиндрический насадок диаметром $d_1 = d_2 = d$. Определить избыточное давление p_m на свободной поверхности воды в резервуаре, если разность расходов насадка и отверстия ΔQ .

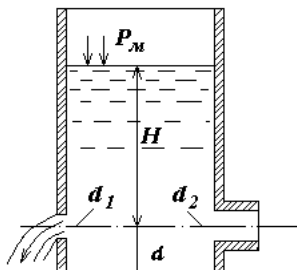


Рисунок 19

Исходные данные	предпоследняя цифра зачетки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
H , м	1,5	1,7	1,9	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2
d , мм	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
ΔQ , л/с	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4

Задача 24. Два одинаковых круглых отверстия с острой кромкой диаметром d расположены одно над другим в вертикальной стенке большого резервуара. Центр нижнего отверстия находится на расстоянии a_1 от дна резервуара. Расстояние между центрами отверстий a_2 . Определить, при какой глубине H воды в резервуаре суммарный расход из обоих отверстий составит Q л/с.

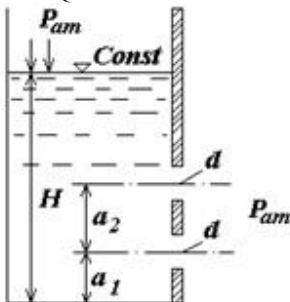


Рисунок 20

Исходные данные	предпоследняя цифра зачетки									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
d , мм	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
a_1 мм	200	220	250	280	320	350	385	420	455	500
a_2 мм	400	450	500	550	550	600	600	650	650	700
Q , л/с	20	22	24	25	26	27	28	29	30	31

Задача 25. Вода вытекает из закрытого резервуара в атмосферу через внутренний цилиндрический насадок диаметром $d = 45$ мм. Избыточное давление на свободной поверхности жидкости $p_{\text{ман}} = 13$ кПа, расход жидкости $Q = 6,5$ л/с. Определить глубину погружения насадка.

Исходные данные	предпоследняя цифра зачетки									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
d , мм	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
$p_{\text{ман}}$, кПа	5	8	12	15	18	20	22	25	30	35
Q , л/с	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	9

Список вопросов для контрольной работы

1. Физические свойства жидкости и силы, действующие в жидкости.
2. Что называется гидростатическим давлением? Какими свойствами оно обладает? Доказать эти свойства.
3. Абсолютное и избыточное давление, вакуум - дать определение. Приборы для замера этих величин. Единицы измерения давления. Что называется пьезометрическим напором?
4. Вывод дифференциальных уравнений Эйлера для жидкостей, находящихся в покое.
5. Преобразование уравнений Эйлера для покоящейся жидкости в дифференциальное уравнение приведенного вида. Уравнение поверхности равного давления.
6. Исследование поверхности равного давления для трех случаев действия массовых сил на жидкость: только силы тяжести; силы тяжести и силы инерции; силы тяжести и центробежной силы.

7. Основные уравнения гидростатики, как частный случай приведенного уравнения Эйлера.

8. Сила давления жидкости на плоскую стенку, центр давления. Дать определение, вывести формулы для определения силы давления и координаты центра давления аналитическим способом.

9. Эпюры гидростатического давления на плоскую стенку. Вывод формулы для определения силы давления и центра давления. Силы давления на плоскую стенку графоаналитическим способом.

10. Определение силы давления и центра давления на криволинейную стенку. Вывести формулу силы давления для цилиндрической поверхности.

11. Записать формулы для определения силы давления и центра давления на плоскую стенку аналитическим способом. Формулы пояснить чертежом.

12. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости. Геометрический и энергетический смысл этого уравнения.

13. Основные понятия гидродинамики: R , ω , $i_{\text{гидр}}$, Q , $V_{\text{ср}}$. Вязкость жидкости и ее измерение.

14. Вывод основного уравнения равномерного движения $\tau = \gamma \cdot R \cdot i$.

15. Опыты Рейнольдса, режимы движения жидкости, критерий режима жидкости.

16. Закон внутреннего трения внутри жидкости при ламинарном режиме.

17. Вывод формулы распределения скоростей при ламинарном режиме (формула Стокса).

18. Вывод формулы для определения потерь напора на трение при ламинарном режиме (формула Пуазейля).

19. Основные положения и теории турбулентности (теория Прандтля).

20. Структура турбулентного потока и его особенности.

21. Распределение скоростей в трубах при турбулентном режиме.

22. Опыты Никурадзе и анализ графика Никурадзе по зависимости λ - коэффициента сопротивления трению от числа Re и шероховатости труб.

23. Формула Шези и области её применения. Связь коэффициента Шези «С» с λ - коэффициентом сопротивления трению.

24. Виды потерь напора при движении жидкости. Определения потерь напора на трение по длине пути и определение напора на преодоление местных сопротивлений.

25. Определение потерь напора при внезапном сужении и внезапном расширении. Начертить линию пьезометрических напоров и объяснить с энергетической позиции.

26. Истечение жидкости из гидравлически малых отверстий с гидравлически тонкой стенкой. Определение величины скорости и расхода при постоянном напоре.

27. Истечение жидкости из цилиндрического насадка. Определение скорости и расхода. Вывод формул.

28. Истечение жидкости из гидравлически больших отверстий. Определение расхода. Вывод формулы.

29. Истечение жидкости из-под щита через полузатопленное отверстие. Определение расхода для этого случая.

30. Истечение жидкости из гидравлически малого отверстия при переменном напоре, вывод формулы для определения времени понижения уровня с H_1 до H_2 ; и опорожнения резервуара

31. Классификация водопроводов. Вывод водопроводных формул для Q и h_e .

32. Расчет параллельных ветвей водопровода и участки с непрерывной раздачей и транзитным расходом.

33. Гидравлический удар. Сущность явления, прямой и непрямой гидравлический удар. Определение повышения давления в трубопроводе при ГУ и способы борьбы с ним.

34. Гидротаран. Устройство и принцип действия.

35. Общее понятие о гидравлических машинах; гидравлические машины и гидравлические двигатели. Классификация насосов.

36. Особенности конструкции силовых цилиндров, расчет усилия на штоке, определение скорости штока при рабочем и обратном ходе.

37. Поршневые насосы: устройства, принцип действия, производительность.

38. Лопастные насосы. Устройство и принцип действия. Классификация лопастных насосов.

39. Основные параметры лопастных насосов: подача, напор, мощность и КПД насоса. Регулирование подачи лопастных насосов.

40. Гидродинамические передачи. Гидромуфты, гидротрансформаторы устройство, принцип работы.

Список литературы

1. Штеренлихт, Д.В. Гидравлика : учебник / Д.В. Штеренлихт. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 656 с. — ISBN 978-5-8114-1892-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/64346>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Вольвак, С.Ф. Гидравлика : 2019-08-27 / С.Ф. Вольвак. — Белгород : БелГСХА им. В.Я. Горина, 2018 — Часть 1 : Гидравлика и гидравлические машины — 2018. — 240 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/123369>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Вольвак, С.Ф. Гидравлика : 2019-08-27 / С.Ф. Вольвак. — Белгород : БелГСХА им. В.Я. Горина, 2018 — Часть 2 : Гидромеханизация сельскохозяйственных процессов — 2018. — 198 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/123370>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Крестин, Е.А. Задачник по гидравлике с примерами расчетов : учебное пособие / Е.А. Крестин, И.Е. Крестин. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-1655-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/98240>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1 – Средние значения коэффициентов объемного сжатия некоторых жидкостей.

Жидкость	Коэффициент объемного сжатия, м ² /Н	Жидкость	Коэффициент объемного сжатия, м ² /Н
Бензин	92·10 ⁻¹¹	Пентан	314·10 ⁻¹¹
Вода	47,5·10 ⁻¹¹	Ртуть	3,71·10 ⁻¹¹
Вода морская	43,1·10 ⁻¹¹	Серовуглерод	85,9·10 ⁻¹¹
Глицерин	24,8·10 ⁻¹¹	Спирт Этиловый	76,0·10 ⁻¹¹
Керосин	68,7·10 ⁻¹¹	Эфир	110·10 ⁻¹¹

Таблица 2 – Температурный коэффициент объемного расширения жидкостей.

Жидкость	10 ⁻⁶ °С ⁻¹
Бензин	1240
Вода	200
Глицерин	302
Керосин	12 600
Нефть	900
Ртуть	181
Спирт	1080
Скипидар	940

Таблица 3 – Плотность некоторых жидкостей (в кг/м³) в зависимости от температуры.

Жидкость	Температура, °С									
	0	20	40	60	80	100	120	140	170	180
Вода	999,87	998,23	991,18	983,18	972,69	950,7	942,9	925,8	897,3	886,9
Ацетон	813	791	767	745	721					
Бензол	900	879	858	836	815	793	769	744	719	691
Глицерин	1267	1259	1250	1238	1224	1208	1188	1163	1126	
Спирт метиловый	810	792	774	756	736	714	690	664	634	598
Спирт пропиловый	819	804	788	770	752	733	711	688	660	629
Спирт этиловый	806	790	772	754	735	716	693	663	633	598
Толуол	885	866	847	829	810	791	773	754		
Уксусная кислота		1049	1028	1006	984	960	936	909	883	856
Этиловый эфир	736	714	689	666	640	611	576	539	495	

Таблица 4 – Динамическая и кинематическая вязкость воды при разных температурах.

$t, ^\circ\text{C}$	$\mu, \text{Па}\cdot\text{с}$	$\nu\cdot 10^{-6}, \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$	$t, ^\circ\text{C}$	$\mu, \text{Па}\cdot\text{с}$	$\nu\cdot 10^{-6}, \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$	$t, ^\circ\text{C}$	$\mu, \text{Па}\cdot\text{с}$	$\nu\cdot 10^{-6}, \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$
0	0,00179	1,79	12	0,00124	1,23	20	0,00101	1,01
6	0,00147	1,47	14	0,00117	1,17	30	0,0008	0,81
8	0,00139	1,38	16	0,00112	1,11	40	0,00065	0,60
10	0,00131	1,31	18	0,00106	1,06	50	0,00055	0,56

Таблица 5 – Кинематическая вязкость некоторых жидкостей (при $t = 20 ^\circ\text{C}$) и некоторых газов (при $t = 15 ^\circ\text{C}$ и $p = 0,1 \text{ МПа}$).

Жидкость или газ	$\nu\cdot 10^6, \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$	Жидкость или газ	$\nu\cdot 10^6, \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$
Анилин	4,3	Масло минеральное	313 – 1450
Бензин	0,83 – 0,93	Нефть	8,1 – 9,3
Вода пресная	1,01	Ртуть	0,11
Глицерин безводный	4,1	Воздух	14,5
Дизельное топливо	5,0	Водород	94,5
Керосин	2,0 – 3,0	Кислород	1,4
Красочные растворы	90 – 120	Углекислый газ	7,2

Таблица 6 – Величины основных параметров гидроприводов.

Параметр	Величина
Номинальное давление. МПа	0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,63; 1; 1,6; 2,5; 4; 6,3; 10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250
Номинальный расход жидкости л/мин	1; 1,6; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 320; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500
Условные проходы, мм	1; 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250
Номинальная вместимость гидробаков, гидро- и пневмоаккумуляторов, л.	0,4; 0,63; 1; 1,6; 2,5; 4; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 125; 160; 200; 250; 320; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3200; 4000;

Таблица 7 – Значения коэффициентов местных сопротивлений.

Тип сопротивления	Значение коэффициентов
Распределитель золотниковый	3 – 5
Клапан предохранительный или обратный	2 – 3
Дроссель	2 – 2,2
Фильтр	2 – 3
Внезапное расширение	0,8 – 0,9
Внезапное сужение	0,5 – 0,7
Штуцер, переходник	0,1 – 0,15
Прямое колено	1,3 – 1,5
Тройник	1 – 2,5

Составители: Диденко Александр Александрович

ГИДРАВЛИКА

Задания и методические указания по выполнению самостоятельной и контрольной работы для студентов очной и заочной формы обучения направления подготовки – 35.03.06 – «Агроинженерия»

Компьютерная верстка А.А. Диденко

Подписано к печати « » _____ 2019

Формат 60x84/16

Объем 1,2 уч.- изд. л. тираж 100 экз.

Изд. № Заказ №

Отпечатано в мини-типографии Инженерного института НГАУ 630039, г.
Новосибирск. ул. Никитина. 147. ауд. 209