

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета инженерно-физического
факультета высоких технологий
от «__» _____ 20__ г., протокол №_____
Председатель _____
«____» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	Гидрогазодинамика
Факультет	Инженерно-физический факультет высоких технологий
Кафедра	Кафедра физических методов в прикладных исследованиях
Курс	3

Направление (специальность): 20.03.01 Техносферная безопасность

Направленность (профиль/специализация): Защита в чрезвычайных ситуациях

Форма обучения: очная

Дата введения в учебный процесс УлГУ: 01.09.2024 г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол №_____ от _____ 20__ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол №_____ от _____ 20__ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол №_____ от _____ 20__ г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	КАФЕДРА	Должность, ученая степень, звание
Цынаева Екатерина Александровна	Кафедра физических методов в прикладных исследованиях	Доцент, Кандидат технических наук, Доцент

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины:

Изучение дисциплины «Гидрогазодинамика» направлено:

- на теоретическую и практическую подготовку бакалавров к изучению обще-профессиональных и специальных дисциплин;
- приобретение знаний об основных законах статики и динамики жидкости, законах движения жидкости по закрытым и открытым каналам, трубопроводам и истечения её через различные насадки ;

Задачи освоения дисциплины:

Задачи:

- сформировать базу практических знаний и умений по эксплуатации объектов будущей профессиональной деятельности выпускника;
- изучение дисциплины на уровне, позволяющем достаточно квалифицированно производить анализ и расчёт простейших гидрогазодинамических характеристик, производить выбор необходимого гидравлического и газового оборудования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Гидрогазодинамика» относится к числу дисциплин блока Б1.В.1, предназначенного для студентов, обучающихся по направлению: 20.03.01 Техносферная безопасность.

В процессе изучения дисциплины формируются компетенции: ПК-5, ПК-6.

Основные положения дисциплины используются в дальнейшем при изучении таких дисциплин как: Надзор и контроль в сфере безопасности, Управление техносферной безопасностью, Надежность технических систем и техногенный риск, Основы защиты окружающей среды, Устойчивость объектов экономики в чрезвычайных ситуациях, Преддипломная практика, Экономика пожарной безопасности, Гидрогазодинамика, практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности, Инженерное обеспечение ликвидации чрезвычайных ситуаций, Менеджмент риска, Правовые основы гражданской защиты, Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена, Тактика единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и гражданской обороны, Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы, Организация и ведение аварийно-спасательных работ, Организация связи и оповещения в чрезвычайных ситуациях, Разработка мероприятий по предотвращению чрезвычайных ситуаций на промышленных объектах.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ,

СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
ПК-6 способен выполнять мониторинг технического состояния средств и систем защиты окружающей среды в организации	<p>знать: средства и системы защиты окружающей среды в организации</p> <p>уметь: выполнять задачи мониторинга технического состояния средств и систем защиты окружающей среды в организации</p> <p>владеть: методами мониторинга технического состояния средств и систем защиты окружающей среды в организации</p>
ПК-5 способен осуществлять контроль выполнения требований к эксплуатации сооружений и устройств для защиты окружающей среды от негативного воздействия производственной деятельности организации	<p>знать: контроль выполнения требований к эксплуатации сооружений и устройств для защиты окружающей среды от негативного воздействия производственной деятельности организации</p> <p>уметь: выполнять контроль выполнения требований к эксплуатации сооружений и устройств для защиты окружающей среды от негативного воздействия производственной деятельности организации</p> <p>владеть: методами контроля выполнения требований к эксплуатации сооружений и устройств для защиты окружающей среды от негативного воздействия производственной деятельности организации</p>

4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего): 2 ЗЕТ

4.2. Объем дисциплины по видам учебной работы (в часах): 72 часа

Форма обучения: очная

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения <u>очная</u>)	
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам
		5
1	2	3
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	36	36
Аудиторные занятия:	36	36
Лекции	18	18
Семинары и практические занятия	-	-
Лабораторные работы, практикумы	18	18

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения <u>очная</u>)	
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам
		5
1	2	3
Самостоятельная работа	36	36
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферат и др. (не менее 2 видов)	Тестирование, Устный опрос, Оценивание доклада	Тестирование, Устный опрос, Оценивание доклада
Курсовая работа	-	-
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	Зачет (0)	Зачет
Всего часов по дисциплине	72	72

4.3. Содержание дисциплины. Распределение часов по темам и видам учебной работы

Форма обучения: очная

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
Раздел 1. 1							
Тема 1.1. Тема 1 Введение в дисциплину. Математический аппарат, используемый в гидродинамике	11	1	0	2	0	8	Тестирование, Устный опрос, Оценивание доклада
Раздел 2. 2							
Тема 2.1. Основные физические свойства и	11	1	0	2	0	8	Тестирование, Устный опрос, Оценивание

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
параметры жидкостей и газов. Силы и напряжения							е доклада
Раздел 3. 3							
Тема 3.1. Тема 3. Гидростатика	23	6	0	6	0	11	Тестирование, Устный опрос, Оценивание доклада
Раздел 4. 4							
Тема 4.1. Кинематика жидкостей и газов	27	10	0	8	0	9	Тестирование, Устный опрос, Оценивание доклада
Итого подлежит изучению	72	18	0	18	0	36	

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1. 1

Тема 1.1. Тема 1 Введение в дисциплину. Математический аппарат, используемый в гидрогазодинамике

Предмет, задачи и методы гидрогазодинамики. Краткие сведения из истории развития гидрогазодинамики. Роль знаний и умений по гидрогазодинамике для специалистов по ликвидации чрезвычайных происшествий и пожарной безопасности. Математический аппарат, используемый в гидрогазодинамике Общие сведения о жидкостях и газах. Основные физические свойства жидкостей и газов. Измерение плотности и вязкости жидкости.

Раздел 2. 2

Тема 2.1. Тема2.Основные физические свойства и параметры жидкостей и газов. Силы и напряжения

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Общие сведения о жидкостях и газах. Основные физические свойства жидкостей и газов. Измерение плотности и вязкости жидкости.

Раздел 3.3

Тема 3.1. Тема 3. Гидростатика

Лекция 2. Гидростатика Силы, действующие в покоящейся жидкости. Понятие о давлении, свойства гидростатического давления, виды давления. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля. Геометрическая высота. Пьезометрическая высота. Гидростатический напор. Вакуум. Измерение давления. Сила гидростатического давления жидкости на плоскую стенку. Сила гидростатического давления жидкости на криволинейные стенки. Эпюры гидростатического давления. Выталкивающая сила гидростатического давления жидкости. Закон Архимеда.

Раздел 4.4

Тема 4.1. Кинематика жидкостей и газов

Лекция 3 . Основы кинематики жидкости и газов. Общие законы и уравнения кинематики и динамики жидкостей и газов Основные понятия и определения кинематики и динамики жидкости и газов. Задачи гидродинамики. Поток жидкости. Основные гидравлические элементы потока. Средняя скорость, расхода жидкости Уравнение неразрывности (сплошности) потока. Уравнение Бернулли для идеальной жидкости. Геометрический и энергетический смысл уравнения Бернулли. Уравнение Бернулли Для реальной жидкости. Измерение расходов и скоростей жидкости. Порядок применения уравнения Бернулли при решении практических задач. Лекция 4. .Вихревое и потенциальное движение жидкостей и газов. Кинематика вихревого движения. Потенциал скорости. Уравнение Лапласа. Гидромеханический смысл функции тока. Методы расчета потенциальных потоков Лекция 5. Гидродинамика идеальной жидкости. Уравнения движения идеальной жидкости.Энергетический смысл уравнения Бернулли. Уравнение Бернулли в форме напоров Лекция 6. Гидродинамика вязкой жидкости. Модель вязкой жидкости. Уравнение Навье-Стокса. Одномерные течения несжимаемой жидкости. Физический смысл коэффициента Кориолиса Лекция 7.Классификация течений жидкости. Устойчивость движения . Закономерности ламинарного течения в круглых трубах Лекция 8. Основные закономерности турбулентного движения жидкостей и газов. Уравнения Рейнольдса. Турбулентное течение в трубах. Потери давления (напора) при турбулентном течении в трубах Лекция 9. Основы теории подобия и моделирования в гидрогазодинамике. Инспекционный анализ дифференциальных уравнений. Понятие об автомодельности.

6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, ПРАКТИКУМЫ

ИЗУЧЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Цели: : изучить устройство и принцип действия лабораторного стенда; записать формулу для

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

определения абсолютного давления, записать формулу для определения избыточного давления с помощью батареи пьезометров; знать плотность жидкостей в пьезометрах; определить цену деления пьезометров и манометров; выразить их значение в системе СИ.

Содержание: Стенд состоит из рабочего стола 1 (рис.1), закрепленных на нем бака 2 и щита 3 с батарейным мановакуумметром ПЗ. Рядом со столом закреплен щит настенных пьезометров 4. Бак на $\frac{3}{4}$ заполнен рабочей жидкостью. С помощью компрессора 5 и пылесоса 6, находящихся на нижней полке стола, под крышкой бака может быть создано избыточное или вакуумметрическое давление. Необходимый режим обеспечивается блоком управления 7 и кранами В1 и В2. Давление воздуха в баке регистрируется механическими приборами- манометром МН1 и вакуумметром ВН. На лицевой и боковой стенках бака расположены фланцы, к которым через сильфоны 8 крепятся две испытуемые плоские стенки 9 – вертикальная и горизонтальная. На фланцах закреплены линейки со шкалами, служащие для определения перемещения стенок. Колена батарейного мановакуумметра ПЗ заполнены жидкостью (в общем случае жидкости могут быть различными). Левый конец батарейного мановакуумметра заполнен воздухом и соединен с верхней частью бака, а правый - открыт в атмосферу (рис. 2). На настенном щите пьезометров 4 размещены пьезометр П1, подключенный к заполненной рабочей жидкостью части бака, и U-образный мановакуумметр П2, заполненный исследуемой жидкостью с неизвестной плотностью. Один конец мановакуумметра П2 подсоединен к верхней (воздушной) части бака, а второй выведен на механический прибор – манометр МН2. Краны В5 и В3 служат для блокирования мановакуумметра П2 при проведении опытов на давление или вакуум, превосходящие пределы измерения этого жидкостного прибора. Краны В8 и штуцер 10 используются для заполнения бака рабочей жидкостью и опорожнения его. Лабораторный стенд «ГС» предназначен для выполнения лабораторных работ № 2.3.4 по определению гидростатического давления, плотности неизвестной жидкости и силы давления жидкости на плоские вертикальные и горизонтальные стенки.

Результаты: изучить устройство и принцип действия лабораторного стенда; записать формулу для определения абсолютного давления, записать формулу для определения избыточного давления с помощью батареи пьезометров; знать плотность жидкостей в пьезометрах; определить цену деления пьезометров и манометров; выразить их значение в системе СИ.

Ссылка: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/467>

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ

Цели: освоение студентами способов измерения гидростатического, избыточного и вакуумметрического давлений в двух режимах.

Содержание: При подготовке к работе, в процессе выполнения работы и при обработке результатов опытов студент должен: - ознакомиться с различными приборами для измерения давления; - определить гидростатическое давление тремя способами в двух режимах; - определить давление под крышкой бака по показаниям пьезометра и батарейного мановакуумметра и сравнить их с показаниями механического прибора в двух режимах; -определить абсолютную погрешность измерения гидростатического давления всеми тремя способами для всех режимов. 1.Краткая теория. Сила давления жидкости это векторная величина,являющаяся мерой механического воздействия одного тела на другое при их непосредственном контакте (например, жидкость и стенки сосуда). Сила давления жидкости имеет численное значение, точку приложения и направление (она всегда направлена по нормали к площадке, на которую действует жидкость). Результат действия одного тела на другое зависит не только от величины силы, но и от площади, к которой она приложена. Давление жидкости – это скалярная величина, численно равная отношению силы к площади, по которой равномерно эта сила распределена (иногда его называют средним гидростатическим давлением). Абсолютное давление в любой точке покоящейся жидкости

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

определяется по формуле $p = p_0 + \rho gh$, где p_0 – атмосферное давление на свободной поверхности жидкости (или давление сжатого воздуха в закрытом сосуде); ρ – плотность жидкости; g – ускорение свободного падения; h – глубина погружения точки. Манометрическое (избыточное) давление – это давление сверх атмосферного, т.е. разность между абсолютным давлением и атмосферным $p_{ман} = p - p_0$. Под вакуумметрическим давлением понимается недостаток (дефицит) давления до атмосферного или разность между атмосферным и абсолютным давлениями $p_{вак} = p_0 - p$. За единицу давления в системе СИ принят паскаль ($Па = Н/м^2$). Для практического использования более удобными являются кратные единицы: килопаскаль ($кПа = 10^3 Па$) и мегапаскаль ($МПа = 10^6 Па$). В технике давление измеряют в технической (ат) и физической (атм) атмосферах, а также в метрах водяного столба и миллиметрах ртутного столба. Ниже приводятся соотношения между единицами давления. $1 ат = 1 кгс/см^2$, где $1 кгс$ (килограммсила) = $1 кг * 9,8 м/с^2 = 9,8 Н$; $1 ат = 0,098 МПа = 98 кПа = 98000 Па = 10 м вод. ст. = 735 мм рт. ст.$; $1 атм. = 1,033 ат = 0,1 МПа = 100 кПа = 100000 Па = 10,33 м вод. ст. = 760 мм рт. ст.$

2.1. Порядок проведения опытов по измерению гидростатического давления. Режим избыточного давления (опыт №1)

2.2.1. Записать показания Но пьезометра П1, соответствующие уровню свободной поверхности жидкости в баке при атмосферном давлении;

2.2.2. С помощью компрессора установить в баке режим избыточного давления. Для этого необходимо проделать следующие операции: 1. Закрыть кран В5, отсекая мановакуумметр П2 от бака (кран В3 при этом открыт, ст. рис. 1); 2. На пульте управления закрыть кран В1 «Нагнетание»; 3. Включить тумблер «Сеть»; 4. Установить тумблер «Режим» в положение «Нагнетание»; 5. Нажать кнопку «Пуск» и установить по показаниям пьезометра П1 необходимое давление; NB! Не допускать, чтобы рабочая жидкость под действием избыточного давления выплеснулась через открытый конец П 1. Учитывая инерционность жидкости и медленное заполнение ею пьезометра необходимо периодически отпускать кнопку «Пуск», дожидаясь стабилизации уровня жидкости в П 1.

6. Отпустить кнопку «Пуск» и перекрыть кран «Нагнетание»;

2.2.3. Зафиксировать показания Н1 пьезометра П1, показания батарейного манометра П3 и показания механического прибора МН 1; записать эти показания в таблицу №2.1 и таблицу №2.2 (см. Приложение), которые представить в отчете по лабораторной работе;

2.2.4. Сбросить избыточное давление в баке, для чего открыть краны В1 «Нагнетание», В2 «Разрежение» и кран В5;

2.2.5. Записать по показаниям барометра атмосферное давление, а также плотности используемых жидкостей в журнал отчетов.

Режим вакуумметрического давления (опыт М2)

2.2.1. Записать в журнал отчетов показания Но пьезометра П1, соответствующие уровню свободной поверхности жидкости в баке при атмосферном давлении;

2.2.2. С помощью пылесоса установить в баке режим вакуумметрического давления. Для этого необходимо: 1. Закрыть кран В5, отсекая мановакуумметр П2 от бака (кран В3 при этом открыт); 2. Закрыть кран В1 «Нагнетание», открыть кран В2 «Разрежение»; 3. Включить тумблер «Сеть»; 4. Установить тумблер «Режимы» в положение «Разрежение»; 5. Нажать кнопку «Пуск» и установить по показаниям пьезометра П1 нужное давление; NB! Необходимо следить, чтобы жидкость под действием вакуумметрического давления не опустилась до нижнего края пьезометра П1;

6. Отпустить кнопку «Пуск» и перерыть кран «Разрежение»; 7. Далее повторить п.п. 2.2.3., 2.2.4., 2.2.5.

Результаты: - освоение студентами способов измерения гидростатического, избыточного и вакуумметрического давлений в двух режимах.

Ссылка: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/467>

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ НЕИЗВЕСТНОЙ ЖИДКОСТИ.

Цели: приобретение навыков определения плотности неизвестной жидкости по показаниям жидкостных и механических приборов. Сравнение полученного значения с табличным и определение наименования неизвестной жидкости.

Содержание: Плотность жидкостей обычно измеряется приборами – ареометрами, которые по

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

конструкции похожи на термометры. Отличительной особенностью кроме принципиальной конструктивной разницы является то, что при измерении температуры надо держать термометр в самой жидкости (руками или специальными приспособлениями). Ареометр опускают в жидкость (и он плавает на свободной поверхности жидкости) и отмечают по шкале на уровне свободной поверхности жидкости показания плотности (в г/см³ или кг/м³). На стенде «ГС» измерение плотности сводится к снятию 3 показаний пьезометра П2 и механических манометров в режиме нагнетания при закрытом кране В2 и снятию 3 показаний пьезометра П2 и механических манометров при открытом кране В2. Затем вычисляют значения плотности по формуле $\rho = (p_1 - p_2) / g \cdot \Delta h$ и определяют среднее арифметическое 6 измерений плотности (для более точного определения плотности неизвестной жидкости).

2.1. Порядок выполнения работы одновременно с лабораторной работой №1. Необходимо выполнить следующее: 1. Сбросить давление под крышкой бака до атмосферного; 2. Открыть кран В5 (кран В3 также должен быть открыт); 3. Выполнить п.п.3.2.1, 3.2.2 (кран В5 – открыт!); при этом необходимо следить, чтобы испытуемая жидкость не доходила до высшей точки левого полена П2; NB! Необходимо также контролировать положение рабочей жидкости в левом канале пьезометра П1 в соответствии с поз.5 п.п.3.2.2, так как испытуемая жидкость может иметь плотность большую, чем плотность рабочей жидкости. Записать в журнал отчетов показания приборов в соответствии с п.п.2.3.3; Зафиксировать показания h_1 и h_2 U-образного мановакуумметра П2 и занести их в табл. 3 журнала отчетов.

2.2. Порядок выполнения работы по определению плотности жидкости с использованием механических приборов. Конструкция пьезометрического щита 4 и пьезометров П1 и П2 такова (см. рис. 1), что при возможных реализуемых режимах (манометрическом и выкуумметрическом) перепад ΔH в пьезометре П1 (если только плотность неизвестной жидкости не окажется много меньшей, чем плотность рабочей жидкости). Для расширения диапазона рабочих давлений до предусмотренных конструкцией пьезометра П1 с одновременным определением плотности неизвестной жидкости предусмотрена возможность «поднапоривания» левой трубки U-образного мановакуумметра П2 с измерением давления в этой трубке с помощью механического прибора – манометра МН2. Для выполнения работы необходимо: Открыть кран В5; закрыть кран В3; Установить необходимый режим, соблюдая особые меры предосторожности при выполнении п.п.2.3.2 и 2.3.7 п.2.3; Записать показания мановакуумметра П2 и показания механического прибора МН2 в таблицу №3(см. Приложение), которую представить в отчете по лабораторной работе; 2.3. Обработка результатов экспериментов в лабораторных работах №2-3. 1. Составить расчетные формулы для определения манометрического r_m , вакуумметрического r_v и абсолютного рабс давления под крышкой бака по показаниям пьезометра П1 и батарейного мановакуумметра П3 для двух режимов; 2. Рассчитать значения r_m , r_a и r_{abs} по показаниям жидкостных приборов; 3. Сравнить рассчитанные значения с показаниями механического прибора; 4. Рассчитать плотность неизвестной жидкости по показаниям жидкостных приборов (при открытом кране В3) или по показаниям манометра МН2 (при закрытом кране В3): $r_{ж} = r_m(v) / (g \Delta h_m(v))$, где $g \Delta h_m(v)$ – показания жидкостного мановакуумметра; $r_m(v)$ – давление, рассчитанное по показаниям жидкостных приборов (при открытом кране В3). В случае работы при закрытом кране В3 это давление определяется разностью давления по показаниям r^a механического прибора МН2 и давления r^b в баке, определяемого либо по жидкостным приборам, либо по показаниям механического прибора МН1: $r_m(v) = r^b_m(v) - r^a_u(v)$ Оценить абсолютную и относительную погрешности измерения давлений, рассчитанных по показаниям пьезометра П1, возникающую из-за неучета опускания (подъема) уровня рабочей жидкости в баке. Изменение уровня в баке может быть оценено из уравнения баланса объемов жидкости в баке и в пьезометре: $\Delta W_B = \Delta W_n$; $\Delta W_B = S_B \Delta l$; $\Delta W_n = (\pi d^2 / 4) \Delta H$, где ΔW_B - уменьшение (увеличение) объема жидкости в баке; ΔW_n – увеличение (уменьшение) объема жидкости в пьезометре; S_B - площадь

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

сечения бака; Δl – величина опускания (подъема) уровня; d – внутренний диаметр трубки пьезометра П1; ΔH – подъем (опускание) уровня жидкости в пьезометре.

Результаты: приобретение навыков определения плотности неизвестной жидкости по показаниям жидкостных и механических приборов. Сравнение полученного значения с табличным и определение наименования неизвестной жидкости.

Ссылка: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/467>

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ ДАВЛЕНИЯ ЖИДКОСТИ НА ПЛОСКИЕ СТЕНКИ.

Цели: демонстрация закона Паскаля; - определение силы давления жидкости на плоские горизонтальную и вертикальную стенки. - определение «приращения» силы давления на плоские горизонтальную и вертикальную стенки.

Содержание: Любая жидкость давит на поверхности деталей конструкции, с которыми она соприкасается. Если конструкция находится в воздухе, т.е. под действием атмосферного давления, то при определении силы гидростатического давления обычно оперируют манометрическим давлением или вакуумом, т.к. атмосферное давление действует на расчетную конструкцию со всех сторон, и поэтому его можно не принимать во внимание. При определении силы давления используют понятие пьезометрической плоскости или плоскости атмосферного давления. Это горизонтальная плоскость, проходящая через уровень жидкости в пьезометре, присоединенном к сосуду. Поверхность жидкости на уровне пьезометрической плоскости подвергается лишь воздействию атмосферного давления, поэтому $p = 0$. Если сосуд с жидкостью открыт в атмосферу, то пьезометрическая плоскость совпадает со свободной поверхностью жидкости. В случае герметично закрытого сосуда она может располагаться выше или ниже свободной поверхности жидкости в зависимости от давления над свободной поверхностью. Расстояние по вертикали до пьезометрической плоскости определяется соответственно либо пьезометрической высотой, либо вакуумметрической высотой. Сила давления жидкости на плоскую стенку направлена по нормали к стенке, а ее величина равна $F = p_c \cdot S = \rho g h_c \cdot S$, где p_c – давление в центре тяжести стенки, S – площадь стенки, h_c – расстояние от центра тяжести стенки до пьезометрической плоскости (рис. 3).

Рис. 3. Определение расчетной силы давления на плоскую стенку. Рис. 4. Сильфонный динамометр
Для экспериментального измерения силы давления жидкости на стенку может быть использован сильфонный динамометр (рис. 4). В качестве упругого элемента в динамометре используется сильфон, который представляет собой металлическую тонкостенную камеру с гофрированной боковой поверхностью, способную расширяться и сжиматься при изменении давления жидкости. При этом свободная торцевая плоскость сильфона перемещается параллельно самой себе на величину, пропорциональную величине изменения давления. По величине перемещения Δl , отсчитываемого по положению указателя на шкале сильфона, определяется экспериментальное значение дополнительного усилия на стенку $F = C \cdot \Delta l$, где C – градуировочная характеристика сильфона, Н/мм, Δl – перемещение плоской стенки, мм. Поскольку бак изначально залит рабочей жидкостью, то сильфон уже сдеформирован, поэтому с помощью сильфонного динамометра можно определить только дополнительное усилие, вызванное изменением давления воздуха над жидкостью в баке. Расчетное значение дополнительной силы давления будет определяться по формулам: $\Delta F = F - F_0 = \rho g h_{\text{сизб}} \cdot S$ для режима нагнетания и $F = F - F_0 = \rho g h_{\text{свак}} \cdot S$ для режима разрежения, причем во втором случае это дополнительное усилие будет вызываться давлением атмосферного воздуха и направлено в противоположную сторону.

2. Порядок выполнения работы
Работа может быть совмещена с выполнением лабораторной работы №1.

1. Установить под крышкой бака атмосферное давление;
2. Записать начальное положение указателей на шкалах для горизонтальной и вертикальной стенок;
3. Выполнить п.п. 1-4 п.2.3, создав под крышкой избыточное давление;
4. Записать положения указателей на шкалах сильфонов;
5. Повторить опыт для вакуумметрического

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

давления под крышкой. 3. Обработка результатов опытов. 1. Определить по величине перемещения стенки и градуировочной характеристики сиффона по формуле (1.14) значения силы гидростатического давления на горизонтальные и вертикальные стенки, а также дополнительные усилия на стенки для различных режимов; 2. Рассчитать по показаниям жидкостных приборов и формуле (1.15) значения силы давления жидкостина вертикальные и горизонтальные стенки и приращения усилий на стенки; 3. Рассчитать абсолютные ошибки измерения сил давления жидкости на вертикальные и горизонтальные стенки, а также для приращений усилий на эти стенки для различных режимов 4. Результаты занести в таблицу №4(см. Приложение), которую представить в отчете по лабораторной работе. Лабораторная работа №4 может быть выполнена без проведения работы №1. В этом случае расчетные значения дополнительной силы давления на стенку определяется по показаниям механического прибора В.

Результаты: определение силы давления жидкости на плоские горизонтальную и вертикальную стенки. - определение «приращения» силы давления на плоские горизонтальную и вертикальную стенки.

Ссылка: http://lib.ulsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link_FindDoc&id=1884&idb=0

ИЗУЧЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА «ГД»

Цели: Цель работы: изучить устройство и принцип действия лабораторного стенда «ГИДРОДИНАМИКА ГД»; -записать формулу для расчета общего расхода жидкости, измеряемого ротаметрами; - научиться по графикам зависимости расхода жидкости от числа делений на ротаметре определять расход жидкости, измеряемый ротаметрами; - научиться переводить технические единицы расхода жидкости в систему СИ; -научиться определять расход жидкости с помощью мерной кружки.

Содержание: Стенд гидравлический «Гидродинамика ГД» (далее – стенд) предназначен для проведения лабораторных работ по курсу «Механика жидкости и газа» в системе высшего и среднего профессионального образования. Стенд обеспечивает возможность наглядной демонстрации гидродинамических явлений, измерения гидродинамических параметров и знакомства с методами и средствами измерения этих параметров. Стенд эксплуатируется в помещении при температуре от + 10 С° до + 35 С°, относительной влажности воздуха до 80% при температуре +25С°. 1.2. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ. 2.1. Максимальный расход жидкости, м кубических в час не менее 3,2 2.2. Максимальный напор жидкости, создаваемый насосом ТОР 3, м, не более, (спра.) 10,5. 2.3. Максимальный напор жидкости, создаваемый погружной помпой, м, не более, (справ.) 0,8. 2.4. Вместимость питающего бака, л, не менее 60. 2.5. Габаритные размеры стенда, мм, не более: Длина 1700 Ширина 700 Высота (без штатива с воронкой) 1700 2.6. Высота стенда со штативом, мм, не более 2500. 2.7. Длина рабочей части модулей, мм, не более 1300. 2.8. Внутренний диаметр диафрагмы, мм, 22 2.9. Внутренний диаметр трубы напорной магистрали, мм 42. 2.10. Внутренние диаметры проточных частей модулей, мм 16; 21 2.11. Пределы измерения по шкале пьезометров, мм от 0 до 600. 2.12. Цена деления шкалы пьезометров, мм $2 \pm 0,4$ 2.13. Масса стенда, кг, не более 120 2.14. Количество модулей, шт. 8 2.15. Электропитание стенда от сети переменного тока напряжением, В 220 ± 22 частотой, Гц $50 \pm 0,4$ 2.16. Потребляемая мощность при номинальном напряжении питания, В-А, не более 500 1.3. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ СТЕНДА Внешний вид стенда представлен на рисунке 5. Стенд выполнен в напольном исполнении. В состав стенда входят: - стол 1; - щит пьезометров 2; -впускной коллектор 3; - ротаметры 4; - напорная магистраль 5 с встроенной диафрагмой 6; - бак 7 с насосом 8 и помпой 9; - делительная воронка 10. - комплект исследуемых модулей М1 – М4. Стол 1 представляет собой сварную раму, на которой закреплена столешница. К боковым сторонам рамы привернуты опорные стойки 11 со стяжкой 12, которые снимаются при транспортировании. На

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

поверхности стола 1 закреплены два ротаметра 4 (Р и Р2) соединены с насосом 8 (Н1). В напорную магистраль 5 вмонтирована мерная диафрагма 6, контрольные точки которой с помощью гибких трубок соединены с пьезометрическими трубками щита пьезометров 2. Напорная магистраль 9 подведена к коллектору 3. Щит пьезометров 2 установлен вертикально на задних стойках стола 1. На щите пьезометров 2 расположены панель управления 13, четыре группы пьезометров 14-17, штатив с делительной воронкой 10 и панель для информации 18. На панели управления 13 размещены клавиши включения сети, насоса Н1 и помпы Н2. Каждая из четырех групп пьезометров 14-17 состоит из прозрачных пьезометрических трубок, верхние концы которых объединены между собой общими коллекторами 19. В коллекторах 19 выведены гибкие сливные трубки с зажимами для выравнивания давлений в пьезометрах. Нижние концы пьезометрических трубок каждой группы пьезометров соединены с соответствующими штуцерами диафрагмы 6 и штуцерами исследуемых модулей М1-М3. Возле каждой пьезометрической трубки расположены измерительные линейки. Первая группа пьезометров 14 состоит из двух пьезометрических трубок и соединена с диафрагмой 6, вторая группа 15 - из двух пьезометров соединена с модулем М1, третья группа 16 - из двенадцати пьезометров соединяется с модулем М2, четвертая группа 17 - из одиннадцати пьезометров соединяется с модулем М3. Впускной коллектор 3 может комплектоваться одним, двумя либо тремя модулями, из комплекта исследуемых модулей: модуль М1 - "Потери напора по длине в круглой трубе", представляющий собой круглую трубу, по длине которой расположен ряд отверстий, снабженных штуцерами, для определения давлений в исследуемых сечениях; Рис. 5. Стенд лабораторный «Гидродинамика ГД». Рис.6. Гидравлическая схема лабораторного стенда «ГД». Первая группа пьезометров 14 состоит из двух пьезометрических трубок и соединена с диафрагмой 6, вторая группа 15 – из двух пьезометров соединена с модулем М1 третья группа 16- из двенадцати пьезометров соединяется с модулем М2, четвертая группа 17 – из одиннадцати пьезометров соединяется с модулем М3. Впускной коллектор 3 может комплектоваться одним, двумя либо тремя модулями, из комплекта исследуемых модулей: модуль М1 – «Потери напора по длине в круглой трубе», представляющий собой круглую трубу, по длине которой расположен ряд отверстий, снабженных штуцерами, для определения давлений в исследуемых сечениях; модуль М2 – «Потери напора на внезапном расширении», представляющий собой круглую трубу с участком местного сопротивления в виде внезапного расширения и имеющую ряд отверстий, снабженных штуцерами для отбора давлений в исследуемых сечениях. Модуль М3 – «Диаграмма Бернулли», представляющий собой круглую трубу с участком «трубы Вентури» и имеющую ряд отверстий, снабженных штуцерами для отбора давлений в исследуемых – Впускной коллектор 3 жестко закреплен на столешнице. В него вмонтированы три вентиля В8 – В 10, к которым через резьбовые втулки с помощью накидных гаек подсоединяются исследуемые модули. Вход модуля 20 (М4 – модуль «Режимы течения») жестко закреплен на столешнице и подведен гибким шлангом к помпе 9 (Н2). Модуль М4 – «Режим течения» представляет собой круглую трубу с встроенной на входе капиллярной трубкой для подачи подкрашенной жидкости. Капиллярная трубка модуля М4 через капельницу 21 вентилем В7 соединена с делительной воронкой 10, в которую заливается подкрашенная жидкость. Выходы модулей М1 – М3 с помощью накидных гаек через резьбовые втулки соединены с выпускными вентилями В3 – В6, к которым подведены сливные шланги. Выпускные вентили В3 – В 5 закреплены на столешнице и имеют возможность легко демонтироваться для быстрой замены исследуемых модулей. Модули М1 – М3 представляют собой прозрачные трубки, выполненные из оргстекла. На входе и выходе каждого модуля установлены резиновые уплотнительные кольца. Контрольные точки модулей, установленных в коллектор 3, через штуцера соединены гибкими трубками с соответствующими группами пьезометров 15-17 на щите пьезометров 2. На поверхности стола 1, под модулями размещён поддон, выполненный из

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

оргстекла. Рис.7. Соединение модуля с магистральной линией. Принцип работы стенда заключается в определении параметров потока жидкости (скоростей, давлений, расходов), протекающей через исследуемые модули при местных сопротивлениях.

Результаты: научиться по графикам зависимости расхода жидкости от числа делений на ротаметре определять расход жидкости, измеряемый ротаметрами; - научиться переводить технические единицы расхода жидкости в систему СИ; -научиться определять расход жидкости с помощью мерной кружки

Ссылка: http://lib.ulsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link_FindDoc&id=1884&idb=0

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ НАПОРА В КРУГЛОЙ ТРУБЕ

Цели: определить потери напора по длине в круглой трубе при различных режимах течения жидкости (не менее 8).

Содержание: Основные задачи: - расчет средней скорости потока, гидравлического коэффициента трения, числа Рейнольдса; - построить на миллиметровой бумаге в выбранном масштабе профиль трубы и начертить пьезометрические линии (не менее 4); - построить график зависимости гидравлического коэффициента трения от числа Рейнольдса и этот же график в логарифмическом масштабе; - наложить эти графики на известные из литературы графики Никурадзе или Мурина и сделать заключение о зоне сопротивления, которым соответствуют опыты, а также о величине относительной эквивалентной шероховатости испытываемой трубы. Краткая теория. Главным в работе является экспериментальная иллюстрация формулы, определяющей связь потерь механической энергии потока жидкости по длине трубы с параметрами трубы и течения: $h_{пот} = \lambda L/d \cdot v^2/(2g)$, где $h_{пот}$ – потери напора (полной механической энергии); L и d – соответственно длина опытного участка трубы и ее диаметр v – средняя скорость потока; λ - гидравлический коэффициент трения. Конечной целью работы является определение коэффициента λ , который, как известно из теории, зависит от числа Рейнольдса и относительной шероховатости: $Re = v d/\nu$, где ν – кинематический коэффициент вязкости; ν – средняя скорость потока; $e = \Delta/d$, где Δ - средняя высота выступа шероховатости стенки трубы, d – диаметр трубы. По результатам измерений и их обработки должен быть построен участок графика зависимости гидравлического коэффициента трения от числа Рейнольдса $\lambda = \lambda(Re, \Delta)$ в возможно более широком диапазоне изменения чисел Re . Полученный участок кривой наложить на известный график Никурадзе (или Мурина) имеющийся в учебной литературе. В отчете следует отметить, к какой зоне гидравлических сопротивлений относятся проведенные на данном стенде опыты, а также определить значение относительной эквивалентной шероховатости. Порядок выполнения работы. Работа выполняется на модуле М1 (рис.8). Рис. 8. Схема и размеры (в мм) модуля М1. Перепад напоров на исследуемом участке трубы L определяется путем измерений пьезометрических напоров в двух сечениях. Для этого служат пьезометры, соединенные гибкими трубками со штуцерами в исследуемых точках. Разность показаний пьезометров h_1 и h_2 представляет собой потерю напора по длине $h_{пот} = h_1 - h_2$. Средняя скорость течения v определяется по объемному расходу Q : $v = Q/S$, где $S = (\pi d^2)/4$ площадь поперечного сечения трубы (где внутренний диаметр – 16мм). Расход измеряется с помощью ротаметров (см. рис. 5), каждый из которых предназначен на определенный диапазон расходов, указанный на приборах (см. Приложение Таблицы № 5.1-5.2). Для определения расхода в м³/с следует пользоваться графиком зависимости расхода (в делениях) от расхода (в литр/час), который представлен на стенде. Для выполнения работы необходимо: - включить насос Н1 на панели управления. - установить необходимый расход с помощью вентиля В2, В1 и выходного вентиля модуля В3. Наблюдая за столбиками воды в пьезометрических трубках убедиться, что достигнут установившийся режим и выполнить измерения: - расхода воды по ротаметрам; - показаний пьезометров. Кинематический коэффициент вязкости ν определяется соответственно

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

температуре жидкости по справочной литературе. После выполнения всех измерений и занесения их в таблицу № 6 (см. Приложение) следует с помощью вентиля ВЗ изменить расход и после достижения установившегося режима повторить измерения. Для получения убедительного участка графика $\lambda = \lambda (Re)$ следует выполнить не менее 8-10 опытов. Желательно диапазон расходов от $Q_{max} - Q_{min}$ выбирать таким, при котором величина $h_{пот}$ может быть еще достаточно точно измерена. Обработка результатов опытов. По результатам измерений рассчитываются следующие величины: Потери напора по длине $h_{пот} = h_1 - h_2$; - средняя скорость потока в трубе $v = 4Q / \pi d^2$; - гидравлический коэффициент трения из формулы: $\lambda = 2gh_{пот}d / Lv^2$; - численные значения измерений и вычислений свести в единую таблицу №6 (см. Приложение), которую представить в отчете по лабораторной работе. По полученным данным построить участок графика зависимости гидравлического коэффициента трения от числа Рейнольдса в логарифмическом масштабе (рис. 9) или график этой же зависимости в обычном масштабе (рис. 10). Рис. 9. График зависимости гидравлического коэффициента трения от числа Рейнольдса в логарифмическом масштабе (график Никурадзе). Рис. 10. График зависимости гидравлического коэффициента трения от числа Рейнольдса (график Мурина). На рис. 11 представлен аналогичный график Мурина только (рис. 10) и участок с равномерной шкалой гидравлических сопротивлений, в отличие от графика на рис. 10, где эта же зависимость представлена с неравномерной шкалой гидравлических сопротивлений. Для удобства наложения следует использовать график на рис. 11. Построенный участок кривой $\lambda = \lambda (Re)$ следует наложить на известные из литературы графики Никурадзе или Мурина и сделать заключения: - о зоне гидравлического сопротивления, которой соответствуют проведенные опыты; - о величине относительной эквивалентной шероховатости испытываемой трубы. Графики выполнить на всю площадь стандартного листа миллиметровой бумаги в выбранном масштабе. Рис. 11..

Контрольные вопросы. Какие виды гидравлических сопротивлений Вы знаете? Приведите формулу потерь напора по длине в круглой трубе. Как рассчитывается число Рейнольдса? Что такое кинематическая вязкость, в каких единицах она измеряется? Как зависит кинематическая вязкость от температуры жидкости? Что такое эквивалентная относительная шероховатость? Как определить расход жидкости по ротаметрам? Укажите единицы измерения расхода в системе СИ. Укажите расчетную формулу для определения гидравлического коэффициента трения. Что собой представляют пьезометрические линии? Почему снятие показаний пьезометров следует производить только при установившемся режиме течения? В чем основная сложность наложения экспериментальных графиков на известные из литературы? Почему важно знать число Рейнольдса для определения зоны гидравлического сопротивления?

Результаты: определить потери напора по длине в круглой трубе при различных режимах течения жидкости (не менее 8).

Ссылка: http://lib.ulsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link_FindDoc&id=1884&idb=0

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ НАПОРА НА ВНЕЗАПНОМ РАСШИРЕНИИ

Цели: определить потери напора на внезапном расширении при различных режимах течения жидкости (не менее 4), экспериментально изучить закономерности потерь напора и распределения давлений, скоростного напора, удельной энергии текущей жидкости в местных сопротивлениях. Основные задачи: - расчет средней скорости потока, гидравлического коэффициента местного сопротивления, числа Рейнольдса; - построить на миллиметровой бумаге в выбранном масштабе профиль трубы и начертить пьезометрические линии (не менее 4), линии скоростного напора и линии энергии текущей жидкости; - построить участок графика зависимости коэффициента местного сопротивления от числа Рейнольдса.

Содержание: Основной формулой, связывающей величину потерь напора с параметрами потока и характерными размерами трубы, является формула Рис. 12. Схема участка трубы с внезапным



расширением. $h_{пот} = \frac{(v_1^2 - v_2^2)}{2g}$ где v_1 и v_2 - средние скорости в исследуемых сечениях. Используя уравнения неразрывности, эту формулу можно представить в виде $h_{пот} = (1 - S_1^2/S_2^2) \cdot v_1^2/2g = \xi \cdot v_1^2/2g$ где S_1 и S_2 – площади нормальных сечений; ξ – коэффициент потерь на внезапном расширении. Следует подчеркнуть, что данная формула получена из теоретической схемы, в которой игнорируются потери трения, а также предполагается равномерное распределение скоростей в сечениях труб. Поэтому коэффициент оказывается независимым от числа Рейнольдса, а сама формула отражает лишь так называемый квадратичный участок кривой, где в реальных условиях влияние числа Рейнольдса отсутствует. Существуют два подхода к экспериментальному определению коэффициента потерь на внезапном расширении. Первый состоит в его определении по измерениям давлений и скоростей в двух контрольных сечениях. При таком способе учитывается не только потери на внезапном расширении, но и потери трения на контрольном участке. Согласно другому подходу, из полного коэффициента исключаются потери на трение, что можно сделать с помощью построения линии энергии по длине участка расширения путем вычисления потерь на трение по формуле равномерного движения или по данным опытов на специально оборудованной установке. Порядок выполнения работы. Работа выполняется на модуле М2 (рис.13). Для выполнения работы необходимо: Рис. 13. Схема и размеры (в мм) модуля М2. - включить насос Н1 на панели управления; -установить необходимый расход с помощью вентилей В2, В1 в выходного вентиля модуля В4. Наблюдая за столбиками воды в пьезометрических трубках убедиться, что достигнут установившийся режим течения, и выполнить измерения: - расхода воды по ротаметрам; -показаний пьезометров. После занесения данных измерений в таблицу 7 (см. Приложение) изменить расход с помощью вентиля В4 и после достижения установившегося режима повторить все измерения. Для надежной серии опытов рекомендуется произвести их не менее чем для трех расходов и заполнить три такие таблицы, которые представить в отчете по лабораторной работе.

3.Обработка результатов опытов. При определении коэффициента местного сопротивления (в данном случае внезапного расширения) необходимо иметь в виду, что за местным сопротивлением, где поток претерпевает значительную деформацию лежит достаточно протяженный «участок стабилизации», на котором существует крупные вихри с возвратными течениями. Поэтому экспериментальный коэффициент местного сопротивления должен учитывать полные потери на участке стабилизации, а значит должен явно зависеть от числа Рейнольдса. Совпадение с теоретической формулой Борда можно ожидать только при весьма больших числах Рейнольдса. Расчетными соотношениями для определения коэффициента местного сопротивления по экспериментальным данным являются следующие. Применительно к рисунку 15, из уравнения Бернулли для сечения 1 и 2 получается $h_{пот} = (p_1/\rho g + v_1^2/2g) - (p_2/\rho g + v_2^2/2g)$, где $h_{пот}$ – искомые потери на внезапном расширении. Здесь сечение 2 выбирается на расстоянии достаточном для расширения потока на все сечение S_2 . Разделив потери к скоростному напору $v_1^2/2g$, получим: $2g \cdot h_{пот} / v_1^2 = \xi = 1 - (S_1^2/S_2^2) - (p_2 - p_1)/\rho g \cdot 2g/v_1^2$. Разности пьезометрических напоров $(p_2 - p_1)/\rho g$ определяется по пьезометрам 1 и 2, а скорость v_1 по расходу, измеренному ротаметром. Тогда последняя формула позволяет вычислить экспериментальное значение ξ . Измерив пьезометрами давления во всех точках их подключения, следует построить пьезометрическую линию вдоль трубы, линию скоростного напора, а также линию энергии. Студентам рекомендуется объяснить физическую сущность этих графиков, а также обозначить на них потери напора в местном сопротивлении. Построить участок графика зависимости коэффициента местного сопротивления от числа Рейнольдса и, сравнивая полученную зависимость с графиком, выполненным на предыдущей работе, сделать вывод. Графики и профиль трубы с линиями (пьезометрической, скоростного напора и удельной энергии) в выбранном масштабе сделать на всю площадь стандартного листа миллиметровой бумаги (пример см. на рис. 14).

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Результаты: определить потери напора на внезапном расширении при различных режимах течения жидкости (не менее 4), экспериментально изучить закономерности потерь напора и распределения давлений, скоростного напора, удельной энергии текущей жидкости в местных сопротивлениях. Основные задачи: - расчет средней скорости потока, гидравлического коэффициента местного сопротивления, числа Рейнольдса; - построить на миллиметровой бумаге в выбранном масштабе профиль трубы и начертить пьезометрические линии (не менее 4), линии скоростного напора и линии энергии текущей жидкости; - построить участок графика зависимости коэффициента местного сопротивления от числа Рейнольдса.

Ссылка: http://lib.ulsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link_FindDoc&id=1884&idb=0

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММ БЕРНУЛЛИ.

Цели: Цель работы: построить энергетические графики (диаграммы) зависимости давления, скоростного напора и полного напора от длины трубы с участком типа «трубы Вентури» для одномерного потока жидкости для 2-3 режимов течения. Основные задачи: - расчет диаметров сечения трубы Вентури на всей ее длине; - расчет площади сечения в каждом выбранном участке трубы Вентури и по всей длине испытываемой трубы; - расчет скорости, скоростного напора и полного напора в каждом i -том сечении испытываемой трубы для всех режимов течения жидкости; - построение диаграмм Бернулли (зависимости давления, скоростного напора и полного напора от длины трубы).

Содержание: Сумма двух первых членов носит название гидростатического напора, а трех - полного либо гидродинамического напора. Геометрический смысл сводится к следующему. Сумма трех высот: геометрической (z), пьезометрической (h) и скоростной ($v^2/(2g)$) есть величина постоянная вдоль струйки. Или гидродинамический (полный) напор при движении вдоль струйки остается неизменным. Сказанное иллюстрируется рис.15, который иногда называют диаграммой уравнения Бернулли. На рис. N-N - напорная линия; O-O - плоскость (линия) отсчета; P-P - пьезометрическая линия, лежащая ниже напорной на величину скоростного напора в данном сечении. Работа заключается в экспериментальном построении энергетических графиков (пьезометрической и энергетической линий) одномерного потока жидкости. Такие графики, построенные по экспериментальным данным, полученным на трубе типа Вентури (сужение-расширение) наглядно иллюстрируют перераспределение в потоке потенциальной или кинетической энергий, а также потери напора (полной удельной энергии). Порядок выполнения работы. Работа проводится на модуле МЗ (рис.16). Рис.16. Схема и размеры (в мм) модуля МЗ. Для выполнения работы необходимо: - включить насос Н1 на панели управления. - установить необходимый расход с помощью вентилей В2, В1 и выходного вентиля модуля В5. Наблюдая за столбиками воды в пьезометрических трубках убедиться, что достигнут установившийся режим течения, и провести измерения: - расхода воды по ротаметрам; - показаний пьезометров. Результаты измерений для каждого режима свести в таблицу № 8 (см. Приложение). Измерения провести для 4-х режимов течения жидкости (не менее) и заполнить четыре таких таблицы, которые представить в отчете по лабораторной работе. Обработка опытных данных. По результатам измерений следует вычислить скорость в каждом i -том сечении испытываемой трубы, включая и участок трубы Вентури $v_1=Q/S_1$, а затем скоростной напор $v^2/(2g)$. На миллиметровую бумагу нанести: профиль трубы Вентури в выбранном масштабе; откладывая от оси трубы пьезометрические напоры для каждого i -того сечения вычертить пьезометрическую линию (или линию удельной потенциальной энергии): - аналогично вычертить линию скоростного напора (или линию удельной кинетической энергии); - суммируя скоростные напоры с ординатами пьезометрической линии в соответствующих сечениях, провести линию полного напора (или линию полной удельной энергии): - провести напорную плоскость (горизонтальную прямую) на уровне ординаты линии энергии первого пьезометра и

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

обозначить потери напора (энергии) между этим сечением и любым, расположенным ниже по течению. Графики и профиль трубы с линиями (пьезометрической, скоростного напора и удельной энергии) в выбранном масштабе сделать на всю площадь стандартного листа миллиметровой бумаги (пример см. на рис. 17). В отчете по работе студентам рекомендуется дать объяснения получившейся конфигурации энергетических графиков. Рис. 17. Профиль модуля МЗ с участком трубы Вентури и экспериментальными линиями (пьезометрические, скоростного напора и удельной энергии). Контрольные вопросы. Напишите уравнение Бернулли в напорах для идеальной и реальной жидкости. Дайте определения пьезометрическому, скоростному и полному напорам. Раскройте физический смысл этих напоров. Как записывается уравнение Бернулли в давлениях и энергиях? В чем причина энергетических потерь при истечении жидкости в трубопроводах? Как рассчитывается диаметр в каждом сечении трубы Вентури? Привести пример. Какие преобразования энергии текущей жидкости происходят в трубе Вентури? Как вычерчиваются диаграммы Бернулли? Сколько диаграмм надо нарисовать для каждого режима течения? Чего следует добиваться при проектировании трубопроводов для снижения энергетических потерь? Какие меры предпринимаются при строительстве трубопроводов для снижения энергетических потерь?

Результаты: Цель работы: построить энергетические графики (диаграммы) зависимости давления, скоростного напора и полного напора от длины трубы с участком типа «трубы Вентури» для одномерного потока жидкости для 2-3 режимов течения. Основные задачи: - расчет диаметров сечения трубы Вентури на всей ее длине; - расчет площади сечения в каждом выбранном участке трубы Вентури и по всей длине испытываемой трубы; - расчет скорости, скоростного напора и полного напора в каждом i -том сечении испытываемой трубы для всех режимов течения жидкости; - построение диаграмм Бернулли (зависимости давления, скоростного напора и полного напора от длины трубы).

Ссылка: http://lib.ulsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link_FindDoc&id=1884&idb=0

НАБЛЮДЕНИЕ РЕЖИМОВ ТЕЧЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОТОКА.

Цели: экспериментальная иллюстрация существования двух режимов течения жидкости – ламинарного и турбулентного; определение основных параметров одномерного потока жидкости и критического значения числа Рейнольдса.

Содержание: Основные задачи: измерение температуры жидкости; определение коэффициента кинематической вязкости жидкости (по справочным таблицам); определение расхода жидкости методом мерной кружки; расчет площади сечения трубы, средней скорости потока и числа Рейнольдса. 1. Краткая теория. Ламинарным называется слоистое течение без перемешивания частиц жидкости и без пульсации скорости и давления. Турбулентным называется течение, сопровождающееся интенсивным перемешиванием жидкости с пульсацией скорости и давления. Наряду с основным продольным перемещением жидкости наблюдаются поперечные перемещения и вращательные движения частиц жидкости. Переход от ламинарного режима к турбулентному наблюдается при определенной скорости движения жидкости. Эта скорость называется критической $V_{кр}$. Значение этой скорости прямо пропорционально кинематической вязкости жидкости и обратно пропорционально диаметру трубы: $V_{кр} = v \cdot k / d$, где v – кинематическая вязкость жидкости; k – безразмерный коэффициент; d – внутренний диаметр трубы. Рис. 18. Установка Рейнольдса для наблюдения режимов течения. Входящий в эту формулу безразмерный коэффициент, одинаков для всех жидкостей и газов и любых диаметров труб и называется критическим числом Рейнольдса. Для труб круглого сечения Re примерно равно 2300. Менее этого числа течение – ламинарное, а больше – турбулентное. Однако имеет место переходная, критическая область от 2300 до 4000. При значениях больше 4000 устанавливается вполне развитое турбулентное течение. Режим движения жидкости напрямую влияет на гидравлическое сопротивление трубопроводов. Формула потерь

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

напора в трубе постоянного диаметра записывается так: $h_{пот} = 32vV_{ср.}/gd^2$, или после преобразований принимает вид универсальной формулы Дарси-Вейсбаха: $h_{пот} = \lambda * l * V^2/2gd$, где λ – коэффициент гидравлического трения, который для ламинарного течения вычисляется по выражению $\lambda = 64/Re$ (по мнению некоторых авторов, например Т.М.Башта $\lambda = 75/Re$). В режиме турбулентном вид формулы такой же, но расчет гидравлического коэффициента трения будет производиться по разным формулам в зависимости от скорости течения (или от числа Re) и от относительной шероховатости внутренней поверхности трубы $\epsilon = \Delta/R$, где Δ - абсолютная шероховатость трубы, R –гидравлический радиус трубы. Для круглых труб $R = d$, тогда относительная шероховатость $\epsilon = \Delta/d$. Иногда применяют обратную величину относительной шероховатости и называют ее относительной гладкостью $1/\epsilon = d /\Delta$. Рис. 19. Образование ламинарной пленки в гидравлически гладких трубах. Экспериментально установлено, что при турбулентном режиме на стенках трубы образуется тонкий слой жидкости с ламинарным режимом течения – ламинарная пленка, толщина которой может быть больше или меньше выступов шероховатости (рис. 19). Если выступы шероховатости тонут в ламинарной пленке ($d_{пл.} > \Delta$), то при таком режиме трубы гидравлически гладкие. Когда при больших числах Рейнольдса ламинарная пленка разрушается она покрывает выступы шероховатости, то трубы шероховатые ($d_{пл.} < \Delta$). 2. Порядок выполнения работы. 2.1.Основное содержание работы. Работа имеет целью экспериментальную иллюстрацию существования двух режимов течения жидкости: ламинарного и турбулентного. Переход от первого ко второму, как известно, происходит при значениях числа Ренольдса больших, чем критическое $Re_{кр}$. Следует подчеркнуть некоторую неопределенность этого понятия. Действительно, критическое число Рейнольдса (иногда его называют «нижним критическим») определяет границу устойчивого ламинарного течения, т.е. при $Re = Re_{кр}$ для данных условий гарантировано устанавливается устойчивый ламинарный режим. При $Re > Re_{кр}$ ламинарное течение может существовать при отсутствии внешних возмущений, но является неустойчивым, т.е. спонтанно переходит в турбулентный режим даже при малых внешних возмущениях. Кроме того, существует переходный диапазон чисел Рейнольдса, больших критического, но близких к нему, в пределах которого течение является нестационарным, возникает перемежаемость, т.е. самопроизвольный переход от ламинарного режима в турбулентный и наоборот. Основное содержание работы состоит в установлении ламинарных и турбулентных режимов в трубе, визуальном наблюдении структуры текущей жидкости, что оказывается возможным благодаря подкрашиванию струек, и в определении числа Рейнольдса для каждого режима. 2.2. Порядок измерений. Работа проводится на модуле М4 (рис.20). Рис 20. Схема и размеры (в мм) модуля М4. Рекомендуемый порядок эксперимента следующий. 1. Включить помпу Н2 на панели управления. Установив по возможности малый расход в трубе и выдержав время достаточное для достижения установившегося режима, медленным открытием вентиля начинают подачу краски, наблюдая за подкрашенной струйкой. Наилучший результат достигается, если скорость выхода краски примерно равна скорости потока в трубе. 2. Меняя открытие вентиля В7 нетрудно добиться наличия в трубе устойчивой окрашенной струйки, которая не смешивается с основным потоком. Затем измеряется расход, после чего он увеличивается путем дополнительного открытия вентиля В6 и после достижения установившегося режима опыт повторяется. 3. Таких опытов производится несколько (5-6) вплоть до достижения устойчивого турбулентного режима, при котором подаваемая струйка краски равномерно размывается по толще потока и становится невидимой. Расход воды в трубе измеряется весовым методом с помощью мерной кружки. По результатам наблюдений следует определить критические значения чисел Рейнольдса. Результаты измерений и наблюдений свести в таблицу 9(см. Приложение), которую представить в отчете по лабораторной работе.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

Результаты: экспериментальная иллюстрация существования двух режимов течения жидкости – ламинарного и турбулентного; определение основных параметров одномерного потока жидкости и критического значения числа Рейнольдса.

Ссылка: http://lib.ulsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=Link_FindDoc&id=1884&idb=0

8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ

Данный вид работы не предусмотрен УП.

9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЗАЧЕТУ

1. Предмет, задачи и методы гидрогазодинамики.
- 2.
3. Краткие сведения из истории развития гидрогазодинамики.
- 4.
5. Роль знаний и умений по гидрогазодинамике для специалистов по ликвидации чрезвычайных происшествий и пожарной безопасности.
6. Математический аппарат, используемый в гидрогазодинамике
- 7.
8. Общие сведения о жидкостях и газах. Основные физические свойства жидкостей и газов.
- 9.
10. Измерение плотности и вязкости жидкости.
- 11.
12. Силы, действующие в покоящейся жидкости. Понятие о давлении, свойства гидростатического давления, виды давления.
13. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля. Геометрическая высота. Пьезометрическая высота.
14. Гидростатический напор. Вакуум. Измерение давления.
- 15.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

16.

17. Сила гидростатического давления жидкости на плоскую стенку. Сила гидростатического давления жидкости на криволинейные стенки. Эпюры гидростатического давления.

18.

19. Выталкивающая сила гидростатического давления жидкости. Закон Архимеда.

20. Основные понятия и определения кинематики и динамики жидкости и газов. Задачи гидродинамики.

21. Поток жидкости. Основные гидравлические элементы потока. Средняя скорость, расхода жидкости Уравнение неразрывности (сплошности) потока.

22.

23. Уравнение Бернулли для идеальной жидкости. Геометрический и энергетический смысл уравнения Бернулли. Уравнение Бернулли Для реальной жидкости. Измерение расходов и скоростей жидкости. Порядок применения уравнения Бернулли при решении практических задач.

24.

25. Вихревое и потенциальное движение жидкостей и газов.

26. Кинематика вихревого движения. Потенциал скорости. Уравнение Лапласа. Гидромеханический смысл функции тока. Методы расчета потенциальных потоков

27.

28. Гидродинамика идеальной жидкости.

29. Уравнения движения идеальной жидкости. Энергетический смысл уравнения Бернулли. Уравнение Бернулли в форме напоров

30.

31. Гидродинамика вязкой жидкости.

32. Модель вязкой жидкости. Уравнение Навье-Стокса. Одномерные течения несжимаемой жидкости. Физический смысл коэффициента Кориолиса

33.

34. Классификация течений жидкости.

35. Устойчивость движения . Закономерности ламинарного течения в круглых трубах
- 36.
37. Основные закономерности турбулентного движения жидкостей и газов.
38. Уравнения Рейнольдса. Турбулентное течение в трубах. Потери давления (напора) при турбулентном течении в трубах
- 39.
40. Основы теории подобия и моделирования в гидрогазодинамике.
41. Инспекционный анализ дифференциальных уравнений. Понятие об автомодельности.

10. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ

Содержание, требования, условия и порядок организации самостоятельной работы обучающихся с учетом формы обучения определяются в соответствии с «Положением об организации самостоятельной работы обучающихся», утвержденным Ученым советом УлГУ (протокол №8/268 от 26.03.2019г.).

По каждой форме обучения: очная/заочная/очно-заочная заполняется отдельная таблица

Форма обучения: очная

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др).	Объем в часах	Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)
Раздел 1. 1			
Тема 1.1. Тема 1 Введение в дисциплину. Математический аппарат, используемый в гидрогазодинамике	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	8	Тестирование, Оценивание доклада
Раздел 2. 2			
Тема 2.1. Тема2.Основные физические свойства и параметры жидкостей и газов. Силы и напряжения	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	8	Тестирование, Оценивание доклада
Раздел 3. 3			

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы (проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др).	Объем в часах	Форма контроля (проверка решения задач, реферата и др.)
Тема 3.1. Тема 3. Гидростатика	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	11	Тестирование, Оценивание доклада
Раздел 4. 4			
Тема 4.1. Кинематика жидкостей и газов	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины.	9	Тестирование, Оценивание доклада

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) Список рекомендуемой литературы основная

1. Гидрогазодинамика (с элементами процессов и аппаратов) : учебное пособие / Е. А. Крестин, А. Л. Лукс, А. Г. Матвеев, А. В. Шабанова ; Е. А. Крестин, А. Л. Лукс, А. Г. Матвеев, А. В. Шабанова. - Самара : Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2015. - 366 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - Текст. - Гарантированный срок размещения в ЭБС до 18.01.2024 (автопродлонгация). - электронный. - Электрон. дан. (1 файл). - URL: <http://www.iprbookshop.ru/49890.html>. - Режим доступа: ЭБС IPR BOOKS; для авторизир. пользователей. - ISBN 978-5-9585-0625-5. / .— ISBN 0_132045

2. Кузнецов Валерий Алексеевич. Гидрогазодинамика : Учебное пособие для вузов / В.А. Кузнецов ; Кузнецов В. А. - 2-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2020. - 120 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/447704> (дата обращения: 26.10.2021). - Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт, для авториз. пользователей. - Электрон. дан. - ISBN 978-5-534-11813-1 : 259.00. / .— ISBN 0_278748

3. Кузнецов Валерий Алексеевич. Гидрогазодинамика : учебное пособие для вузов / В.А. Кузнецов ; В. А. Кузнецов. - 2-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2023. - 120 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/518412> (дата обращения: 10.02.2023). - Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт, для авториз. пользователей. - Электрон. дан. - ISBN 978-5-534-11813-1 : 399.00. / .— ISBN 0_490035

дополнительная

1. Гидравлика : Учебник и практикум для вузов / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов, А.Г. Коваленко,

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

И.В. Кудинов. - 4-е изд. ; пер. и доп. - Москва : Юрайт, 2021. - 386 с. - (Высшее образование). - <https://urait.ru/bcode/469256>. - <https://urait.ru/book/cover/7E709B1B-A8A2-4CED-86B2-DE49154560C2>. - Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт, для авториз. пользователей. - Электрон. дан. - ISBN 978-5-534-01120-3 : 889.00. / .— ISBN 0_286986

2. Гидравлика : Учебник и практикум Для академического бакалавриата / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов, А.Г. Коваленко, И.В. Кудинов ; Кудинов В. А., Карташов Э. М., Коваленко А. Г., Кудинов И. В. ; под ред. Кудинова В. А. - 4-е изд. ; пер. и доп. - Москва : Юрайт, 2015. - 386 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/385587> (дата обращения: 26.10.2021). - Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт, для авториз. пользователей. - Электрон. дан. - ISBN 978-5-9916-5536-1 : 659.00. / .— ISBN 0_288650

3. Гидравлика : Учебник и практикум для вузов / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов, А.Г. Коваленко, И.В. Кудинов ; Кудинов В. А., Карташов Э. М., Коваленко А. Г., Кудинов И. В. ; под ред. Кудинова В. А. - 4-е изд. ; пер. и доп. - Москва : Юрайт, 2022. - 386 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/489356> (дата обращения: 24.01.2022). - Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт, для авториз. пользователей. - Электрон. дан. - ISBN 978-5-534-01120-3 : 949.00. / .— ISBN 0_314846

учебно-методическая

1. Цынаева Е. А. Гидрогазодинамика : методические указания для самостоятельной работы студентов направления 20.03.01 Техносферная безопасность Профиль – пожарная безопасность, Профиль – защита в чрезвычайных ситуациях / Е. А. Цынаева ; УлГУ, ИФФВТ. - 2023. - Неопубликованный ресурс. - URL:<http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/15407>. - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. / .— ISBN 0_520105.

2. Цынаева Е. А. Гидравлика. Теория и практика : учебное пособие для вузов / Е. А. Цынаева ; Ульян. гос. ун-т, Инж.-физ. фак. высоких технологий. - Ульяновск : УлГУ, 2021. - 94 с. : ил. - URL: <https://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/16047>. - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. / .— ISBN 0_546692.

3. Вяльдин М. В. Лабораторный практикум по гидравлике : учеб.-метод. пособие / М. В. Вяльдин ; УлГУ, ИФФВТ. - Ульяновск : УлГУ, 2014. - Загл. с экрана. - Имеется печ. аналог. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 23,1 Мб). - Режим доступа: ЭБС УлГУ. - Текст : электронный. / .— ISBN 0_1884.

б) Программное обеспечение

- Операционная система "Альт образование"
- Офисный пакет "Мой офис"

в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Электронно-библиотечные системы:

1.1. Цифровой образовательный ресурс IPRsmart : электронно-библиотечная система : сайт /

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа». - Саратов, [2024]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. Образовательная платформа ЮРАЙТ : образовательный ресурс, электронная библиотека : сайт / ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. – Москва, [2024]. - URL: <https://urait.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. База данных «Электронная библиотека технического ВУЗа (ЭБС «Консультант студента») : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Политехресурс. – Москва, [2024]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Консультант врача. Электронная медицинская библиотека : база данных : сайт / ООО Высшая школа организации и управления здравоохранением-Комплексный медицинский консалтинг. – Москва, [2024]. – URL: <https://www.rosmedlib.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Большая медицинская библиотека : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Букап. – Томск, [2024]. – URL: <https://www.books-up.ru/ru/library/> . – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.6. ЭБС Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС Лань. – Санкт-Петербург, [2024]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.7. ЭБС **Znanium.com** : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. - Москва, [2024]. - URL: <http://znanium.com> . – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

2. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: справочная правовая система. /ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2024].

3. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО «Научная Электронная Библиотека». – Москва, [2024]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

4. Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» : электронная библиотека : сайт / ФГБУ РГБ. – Москва, [2024]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

5. Российское образование : федеральный портал / учредитель ФГАУ «ФИЦТО». – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

6. Электронная библиотечная система УлГУ : модуль «Электронная библиотека» АБИС Мега-ПРО / ООО «Дата Экспресс». – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет Ф – Рабочая программа дисциплины	Форма	
--	-------	--

12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:

Аудитории для проведения лекций, семинарских занятий, для выполнения лабораторных работ и практикумов, для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций (*выбрать необходимое*)

Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской. Аудитории для проведения лекций оборудованы мультимедийным оборудованием для представления информации большой аудитории. Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде, электронно-библиотечной системе. Перечень оборудования, используемого в учебном процессе:

- Мультимедийное оборудование: компьютер/ноутбук, экран, проектор/телевизор
- Компьютерная техника
- Автоматизированное рабочее место студента (с ПЭВМ)
- Вакуумный универсальный пост 5
- Прибор Е7-12
- Стенд "Гидродинамика ГД"
- Стенд "Гидростатика"
- Устройство функциональное

13. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий, организация работы ППС с обучающимися с ОВЗ и инвалидами предусматривается в электронной информационно-образовательной среде с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

Разработчик	Доцент, Кандидат технических наук, Доцент	Цынаева Екатерина Александровна
-------------	--	---------------------------------

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф – Рабочая программа дисциплины		

	Должность, ученая степень, звание	ФИО
--	-----------------------------------	-----