



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)**

АКТУАЛИЗИРОВАНО
решением ученого совета ИАТЭ
протокол №9 от 28.04.2026

УТВЕРЖДАЮ

Директор

института атомной и тепловой
энергетики

_____ С.О. Гапоненко

«17» марта 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О. 22 Механика жидкостей и газов

(Код и наименование дисциплины в соответствии с РУП)

Специальность

14.05.02 Атомные станции:

проектирование, эксплуатация и инжиниринг

(Код и наименование направления подготовки)

Квалификация

Специалист

(Бакалавр / Магистр)

г. Казань, 2026

Программу разработала:

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
Автоматизация технологических процессов и производств	доцент, к.т.н., доцент	Шинкевич Татьяна Олеговна

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	Автоматизация технологических процессов и производств	17.02.26	39	Зав. кафедрой АТПП, д.т.н., профессор Дмитриев Андрей Владимирович
Согласована	Автоматизация технологических процессов и производств	17.02.26	39	Зав. кафедрой АТПП, д.т.н., профессор Дмитриев Андрей Владимирович
Согласована	Учебно-методический совет ИАТЭ	17.03.26	7	Директор ИАТЭ, к.т.н., доцент Гапоненко С.О.
Одобрена	Ученый совет ИАТЭ	17.03.26	8	Директор ИАТЭ, к.т.н., доцент Гапоненко С.О.

1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Механика жидкостей и газов» является изучение основных закономерностей и теоретических методов расчета движения жидкостей и газов в элементах энергетического и технологического оборудования атомных электрических станций.

Задачами освоения дисциплины являются:

- приобретение навыков использования основных уравнений механики жидкостей и газов для расчета потоков;
- выработка умений экспериментального исследования и анализа гидродинамических характеристик теплоэнергетического оборудования.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ОПК-1. Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	ОПК-1.1. Применяет математический аппарат аналитической геометрии, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления функции одной переменной
	ОПК-1.11 Демонстрирует понимание основных законов механики жидкости и газа и применяет их для расчета элементов теплотехнических установок и систем

2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.
Физика, Теоретическая механика, Высшая математика.

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.
Тепломассообмен в ядерных энергетических установках, Теплогидравлические процессы в ядерных реакторах

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)		
			3	4	
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	7	252	108	144	
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	3,8	139	61	78	
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	3,97	114	50	64	
Лекции	1,83	66	34	32	
Практические (семинарские) занятия	0,67	24	8	16	
Лабораторные работы	0,67	24	8	16	
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	3,83	138	58	80	

Проработка учебного материала	1,83	66	22	44	
Курсовой проект	0	0	0	0	
Курсовая работа	0	0	0	0	
Подготовка к промежуточной аттестации	2	72	36	36	
Промежуточная аттестация:			Э	Э	

3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоемкости по видам учебной работы				Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1 Введение	6	2		2	2		ОПК1.1, ОПК1.11 3,У,В
Раздел 2 Гидростатика	18	6	4	2	6	ТК1	ОПК1.1, ОПК1.11 3,У,В
Раздел 3 Кинематика	16	10			6		ОПК1.1, ОПК1.11 3,У,В
Раздел 4 Динамика	24	12	4	2	6	ТК2	ОПК1.1, ОПК1.11 3,У,В
Раздел 5 Основы гидродинамического подобия	8	4		2	2	ТК3	ОПК1.1, ОПК1.11 3,У,В
Экзамен	36				36	ОМ 1	ОПК1.1, ОПК1.11 3,У,В
Итого за 3 семестр	108	34	8	8	58		
Раздел 6 Ламинарное и турбулентное течение. Местные сопротивления.	52	18	8	6	20	ТК4	ОПК1.1, ОПК1.11 3,У,В
Раздел 7 Гидравлический расчет трубопроводов. Гидравлический удар.	38	10	4	10	14	ТК5	ОПК1.1, ОПК1.11 3,У,В
Раздел 8 Истечение жидкости из отверстий и насадков	12	2	4		6	ТК6	ОПК1.1, ОПК1.11 3,У,В
Раздел 9 Волны разряжения и скачки уплотнения в сверхзвуковых потоках	6	2			4		ОПК1.1, ОПК1.11 3,У,В

Экзамен	36				36	ОМ2	ОПК1.1, ОПК1.11 3,У,В
Итого за 4 семестр	144	32	16	16	80		
ИТОГО	252	66	24	24	138		

3.3. Содержание дисциплины

3 семестр

Раздел 1. Введение.

Тема 1.1. Предмет механика жидкости и газа (МЖГ), основные понятия и определения механики жидкостей и газов. Основные физические свойства жидкости: сжимаемость, вязкость, поверхностное натяжение, плотность, температурное расширение.

Раздел 2. Гидростатика.

Тема 2.1. Основное уравнение гидростатики, его геометрическая интерпретация. Закон Паскаля и его практическое приложение. Давление жидкости на плоские и цилиндрические поверхности. Закон Архимеда.

Тема 2.2. Равновесие тела в покоящейся жидкости. Определение силы давления жидкости на поверхности тел.

Тема 2.3. Абсолютное и манометрическое давление. Вакуум. Приборы для измерения гидростатического давления.

Раздел 3. Кинематика.

Тема 3.1. Два метода изучения движения жидкости. Линия тока. Элементарная струйка. Трубка тока. Понятие тока, расхода, живого сечения, местной и средней скорости, смоченного периметра, гидравлического радиуса. Виды движения жидкости: установившееся и неустановившееся, равномерное и неравномерное, напорное и безнапорное.

Тема 3.2. Закон вязкостного трения Ньютона. Вязкость каплежидкостей и газов.

Тема 3.3. Поверхностное натяжение. Температурное расширение. Траектория и линия тока.

Тема 3.4. Метод Лагранжа и метод Эйлера. Поле скоростей. Уравнение сплошности потока (уравнение неразрывности).

Тема 3.5. Метод Лагранжа и метод Эйлера – достоинства и недостатки. Локальное и конвективное ускорение. Уравнение Навье-Стокса в векторном виде. Граничные условия.

Раздел 4. Динамика.

Тема 4.1. Дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости (уравнения Эйлера). Поверхностные и массовые силы.

Тема 4.2. Тензор напряжений. Уравнение движения в напряжениях.

Тема 4.3. Уравнение Навье-Стокса.

Тема 4.4. Плоское стационарное движение идеальной жидкости. Движение идеальной жидкости. Уравнение Бернулли. Уравнение Бернулли для элементарной струйки вязкой жидкости.

Тема 4.5. Уравнение Бернулли для элементарной струйки невязкой жидкости. Энергетическая интерпретация уравнения Бернулли для

установившегося движения. Три формы записи уравнения Бернулли. Геометрическое толкование уравнения Бернулли. Пьезометрический и гидравлический уклоны.

Тема 4.6. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости. Коэффициент Кориолиса, физический смысл. Практическое применение уравнения Бернулли.

Раздел 5. Основы гидродинамического подобия.

Тема 5.1. Гидродинамическое подобие. Размерность. Размерные и безразмерные величины. Пи-теорема Бэкингема. Моделирование.

Тема 5.2. Основные числа подобия в МЖГ. Что характеризуют основные числа подобия.

4 семестр

Раздел 6. Ламинарное и турбулентное течение. Местные сопротивления.

Тема 6.1. Режимы течения жидкости. Эксперименты Рейнольдса. Ламинарное течение. Начальный участок ламинарного течения.

Тема 6.2. Теория ламинарного течения в круглых трубах. Потери давления при ламинарном движении в круглой трубе.

Тема 6.3. Причины появления турбулентности. Картина формирования турбулентных вихрей. Дорожка Кармана.

Тема 6.4. Турбулентное вязкое течение. Гипотеза Прандтля. Местные скорости.

Тема 6.5. Опытные данные о распределении скоростей и потерях напора. Абсолютная и относительная шероховатость. Опыты Никурадзе. Влияние шероховатости на сопротивление потоку.

Тема 6.6. Распределение скоростей в трубах. Касательное напряжение при турбулентном движении. Полуэмпирическая теория турбулентности по Прандтлю.

Тема 6.7. Турбулентное течение вблизи твердой стенки.

Тема 6.8. Местные гидравлические сопротивления. Общие сведения. Гидравлическое сопротивление в насосах и кавитация.

Тема 6.9. Примеры местных сопротивлений. Внезапное расширение канала. Внезапное сужение канала. Диффузоры и конфузоры. Поворот канала.

Раздел 7. Гидравлический расчет трубопроводов. Гидравлический удар.

Тема 7.1. Назначение и классификация трубопроводов.

Тема 7.2. Простые и сложные трубопроводы. Параллельные, кольцевые, разветвленные трубопроводы. Длинные и короткие трубопроводы. Последовательное соединение труб. Расчет.

Тема 7.3. Параллельное соединение труб. Гидравлический удар в трубах. Стадии гидроудара. Формула Н.Е. Жуковского.

Тема 7.4. Защита от гидравлических ударов. Перемещение жидкостей и газов.

Тема 7.5. Насосная установка. Расчет.

Раздел 8. Истечение жидкости из отверстий и насадков.

Тема 8.1. Истечение жидкости из отверстий. Сжатие струи. Коэффициенты сопротивления, скорость, расход. Истечение через большое отверстие. Истечение через малое затопленное отверстие с острой кромкой. Истечение через насадки.

Раздел 9. Волны разряжения и скачки уплотнения в сверхзвуковых потоках.

Тема 9.1. Сверхзвуковое течение. Число Маха. Характеристики сверхзвукового потока. Волны разряжения. Скачки уплотнения.

3.4. Тематический план практических занятий

Занятие 1. Основные понятия и параметры механики жидкостей и газов.

Занятие 2. Закономерности равновесного состояния жидкостей и газов.

Занятие 3. Уравнение Бернулли для идеальной жидкости.

Занятие 4. Гидродинамическое подобие.

Занятие 5. Число Рейнольдса. Режимы течения.

Занятие 6. Потери напора. Гидравлически гладкая и шероховатая труба.

Занятие 7. Местные гидравлические сопротивления.

Занятие 8. Основы расчета трубопроводов.

Занятие 9. Гидравлический удар в трубах.

Занятие 10. Расчет насосных установок.

Занятие 11. Зависимость между подачей, мощностью и КПД насоса.

Занятие 12. Гидравлическое сопротивление в насосах и кавитация.

3.5. Тематический план лабораторных работ

Лабораторная работа №1. Изучение приборов измерения давления и температуры.

Лабораторная работа №2. Диаграмма уравнения Бернулли.

Лабораторная работа №3. Исследование течения в канале переменного сечения.

Лабораторная работа №4. Исследование режимов течения жидкости.

Лабораторная работа №5. Потери напора по длине в круглой трубе.

Лабораторная работа №6. Изучение местных потерь напора на примере внезапного расширения.

3.6. Курсовой проект /курсовая работа

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом

4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
ОПК-1	ОПК-1.1	знать:				
		особенности математического моделирования одномерных и трехмерных, дозвуковых и сверхзвуковых, ламинарных и турбулентных течений идеальной и реальной несжимаемой и сжимаемой жидкостей.	Знает особенности моделирования течений	Знает особенности моделирования течений, при ответе может допустить несколько негрубых ошибок	Нетвёрдо знает особенности моделирования течений	Уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки Уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки
		уметь:				
		рассчитывать гидродинамические параметры потока жидкости (газа) при внешнем обтекании тел и течении в каналах (трубах), проточных частях гидрогазодинамических устройств	Умеет рассчитывать гидродинамические параметры потока жидкости (газа)	Умеет рассчитывать гидродинамические параметры потока, допуская при этом небольшие ошибки	В целом демонстрирует не вполне уверенное умение рассчитывать гидродинамические параметры потока жидкости	Не проявил достаточного умения рассчитывать гидродинамические параметры потока жидкости
		владеть:				

		методиками вывода уравнений и проведения типовых гидродинамических расчетов гидромеханического оборудования и трубопроводов	Владеет методиками вывода уравнений и проведения типовых гидродинамических расчетов	Продемонстрированы базовые навыки владения методиками вывода уравнений и проведения типовых гидродинамических расчетов	Владеет основным и методиками проведения типовых гидродинамических расчетов	Не продемонстрированы базовые навыки, допущены грубые ошибки
	ОПК-1.11	знать:				
		основные физические свойства жидкостей и газов, общие законы и уравнения статики, кинематики и динамики жидкостей и газов	Знает основные физические свойства жидкостей и газов, общие законы и уравнения	Знает основные физические свойства жидкостей и газов, общие законы и уравнения, допуская несущественные ошибки	Нетвёрдо знает основные физические свойства жидкостей и газов, общие законы и уравнения	Уровень знаний ниже минимальных требований, допускает грубые ошибки
		уметь:				
		организовывать и проводить измерения и исследования, включая модифицированные, новые методы исследований	Умеет организовывать и проводить измерения и исследования, включая модифицированные методы	Умеет проводить измерения и исследования, допуская незначительные ошибки	В целом демонстрирует умение (хотя не вполне уверенное) проводить измерения и исследования	
		владеть;				
		методами и компьютерным и системами моделирования гидродинамических	Уверенно владеет методами и компьютерными	В основном владеет методами и	Имеет минимальные навыки владения	Не продемонстрированы базовые

		ского режима элементов установок и устройств	рными системам и моделированию	компьютерными системам и моделированию	методами и компьютерными системам и моделированию	навыки, допущены грубые ошибки
--	--	--	--------------------------------	--	---	--------------------------------

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Учебно-методическое обеспечение

5.1.1. Основная литература

1. Е.П. Валуева, В.Г. Свиридов. Введение в механику жидкости: Учебное пособие. М.: МЭИ, 2001. - 212 с.
2. Механика несжимаемых и сжимаемых жидкостей: учебник для вузов /А. Е. Зарянкин. - Издательский дом МЭИ, 2019. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383013175.html>- Текст: электронный.
3. Давидсон В.Е. Основы гидрогазодинамики в примерах и задачах: Учебное пособие для вузов. М.: Академия, 2008. - 320 с.
4. Моргунов, К. П. Механика жидкости и газа / К. П. Моргунов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 208 с. — ISBN 978-5-507-47902-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/332123> (дата обращения: 16.03.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5.1.2. Дополнительная литература

1. Карпов, К. А. Прикладная гидрогазодинамика: учебное пособие / К. А. Карпов, Р. О. Олехнович. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 100 с. — ISBN 978-5-8114-3180-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/213017>.
2. Замалеев, З. Х. Основы гидравлики и теплотехники : Учебное пособие для вузов / З. Х. Замалеев, В. Н. Посохин, В. М. Чефанов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 352 с. — ISBN 978-5-507-44674-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/238526>.

3. Механика жидкостей и газов: практикум / сост.: И. И. Шарипов [и др.]. - Казань : КГЭУ, 2021. - 58 с. - URL: <https://lib.kgeu.ru>. - Текст : электронный.
4. Гидравлика: лабораторный практикум/ сост. С.И. Краснов. - Казань: КГЭУ, 2013.
5. Доманский, И. В. Механика жидкости и газа / И. В. Доманский, В. А. Некрасов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 140 с. — ISBN 978-5-507-45645-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/277058>.
6. Механика жидкостей и газов: практикум / сост.: И. И. Шарипов [и др.]. - Казань : КГЭУ, 2021. - 58 с. - URL: <https://lib.kgeu.ru>. - Текст : электронный.
7. Андрижиевский, А. А. Механика жидкости и газа : учебное пособие / А. А. Андрижиевский. - Минск : Вышэйшая школа, 2014. - 206 с. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/344298>. - ISBN 978-985-06-2509-0. - Текст : электронный.
8. Штеренлихт, Д. В. Гидравлика : учебник / Д. В. Штеренлихт. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 656 с. — ISBN 978-5-8114-1892-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212051>.

5.2. Информационное обеспечение

5.2.1. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

1. Справочно-правовая система КонсультантПлюс <http://www.consultant.ru/>
2. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – <https://elibrary.ru>
3. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/>
4. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>

5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

1. Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player;
2. Google Chrome; Mozilla Firefox ESR;
3. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic;
4. Microsoft Office 2013 Standard Russian Academic.

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
--------	---	--

Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран) и др.
Лабораторные работы	Учебная лаборатория «Гидрогазодинамики и теплообмена», В406. Учебная лаборатория В408 с комплектами учебно-лабораторного оборудования «Измерение давлений, расходов и температур в системах водо- и газоснабжения» и «Датчики расхода, давления и температуры в системе ЖКХ».	Специализированное лабораторное оборудование по профилю лаборатории: автолаб. комплексы, авторабочее место студента СПЭВМ (ММТП), аэродинамическая труба, лабораторный стол, ноутбук, барометр БАММ-1 с поверкой, блок регистрации параметров воздушной струи, модули для аэродинамической трубы, вольтметр В7-21, вольтметр В7- 21А, вольтметр универсальный, пылесос А-2254 Мс, лабораторный источник питания W.E.P.PSN305Д, световая модель, для определения угловых коэффициентов излучения плоскости на трубный пучок, подключение к сети "Интернет", доступ в электронную информационно-образовательную среду. Комплекты учебно-лабораторного оборудования «Измерение давлений, расходов и температур в системах водо- и газоснабжения» и «Датчики расхода, давления и температуры в системе ЖКХ» в сборке все средства контрольно-измерительных приборов.
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-400а,б	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
	Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение

7. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета

www/kgeu.ru. Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;
- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;
- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);

- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

Гражданское и патриотическое воспитание:

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

Духовно-нравственное воспитание:

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа

милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

Культурно-просветительское воспитание:

- формирование эстетической картины мира;

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- повышение познавательной активности обучающихся.

Научно-образовательное воспитание:

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГУ»)

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
по дисциплине

Б1.О. 22 Механика жидкостей и газов
(Код и наименование дисциплины в соответствии с РУП)

Специальность

14.05.02 Атомные станции:
проектирование, эксплуатация и инжиниринг
(Код и наименование направления подготовки)

Проектирование и эксплуатация атомных станций

Квалификация

Специалист
(Бакалавр / Магистр)

Оценочные материалы по дисциплине Механика жидкостей и газов, предназначенны для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенций.

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля (ТК) и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

1. Технологическая карта

Семестр 3

Наименование раздела	Формы и вид контроля	Рейтинговые показатели							Промежуточная аттестация
		I текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК1	II текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК2	III текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК3	Итого	
Раздел 1. «Введение»	ТК1	15	0-15					15-30	15-30
Тест или письменный опрос		2							
Отчет по практической работе		2							
Отчет по самостоятельной работе		2							
Раздел 2. « Гидростатика»									
Тест или письменный опрос		2							
Отчет по практической работе		2							
Отчет по самостоятельной работе		2							
Отчет по лабораторной работе		3							
Раздел 3. « Кинематика»	ТК2			15	0-15			15-30	15-30
Тест или письменный опрос				2					
Отчет по самостоятельной работе				3					
Раздел 4. «Динамика»									
Тест или письменный опрос				2					
Отчет по практической работе				2					
Отчет по самостоятельной работе				3					
Отчет по лабораторной работе				3					

Раздел 5. « Основы гидродинамического подобия»	ТКЗ					25	0-15	25-40	25-40
Тест или письменный опрос						5			
Отчет по практической работе						3			
Отчет по самостоятельной работе						17			
Промежуточная аттестация (экзамен)	ОМ								0-45
Задание промежуточной аттестации									0-15
В письменной форме по билетам									0-30

Семестр 4

Наименование раздела	Формы и вид контроля	Рейтинговые показатели							Промежуточная аттестация
		I текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК1	II текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК2	III текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК3	Итого	
Раздел 6. «Ламинарное и турбулентное течение. Местные сопротивления»	ТК4	15	0-15					15-30	15-30
Тест или письменный опрос		2							
Отчет по практической работе		6							
Отчет по лабораторной работе		4							
Отчет по самостоятельной работе		3							
Раздел 7. «Гидравлический расчет трубопроводов. Гидравлический удар»	ТК5			15	0-15			15-30	15-30
Тест или письменный опрос				2					
Отчет по практической работе				8					
Отчет по самостоятельной работе				3					
Отчет по лабораторной работе				2					
Раздел 8. «Истечение жидкости из отверстий и насадков»	ТК6					25	0-15	25-40	25-40
Тест или письменный опрос						4			
Отчет по самостоятельной						7			

работе									
Отчет по лабораторной работе						2			
Раздел 9. «Волны разряжения и скачки уплотнения в сверхзвуковых потоках»									
Тест или письменный опрос						4			
Отчет по самостоятельной работе						8			
Промежуточная аттестация (экзамен)	ОМ								0-45
Задание промежуточной аттестации									0-15
В письменной форме по билетам									0-30

Оценка «отлично» выставляется за выполнение расчетных и лабораторных работ в семестре; тестовых заданий; глубокое понимание процессов, основных закономерностей и теоретических методов расчета движения жидкостей и газов в элементах энергетического и технологического, полные и содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое и практическое задание);

Оценка «хорошо» выставляется за выполнение расчетных и лабораторных работ в семестре; тестовых заданий; понимание процессов, основных закономерностей и теоретических методов расчета движения жидкостей и газов в элементах энергетического и технологического оборудования, ответы на вопросы билета (теоретическое или практическое задание);

Оценка «удовлетворительно» выставляется за выполнение расчетных работ в семестре и тестовых заданий;

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за слабое и неполное выполнение расчетных работ в семестре и тестовых заданий.

2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
ОПК-1	ОПК-1.1	знать:				
		особенности математического моделирования одномерных и	Знает особенности моделирования	Знает особенности моделирования	Нетвёрдо знает особенности моделирования	Уровень знаний ниже минимального

		трехмерных, дозвуковых и сверхзвуковых, ламинарных и турбулентных течений идеальной и реальной несжимаемой и сжимаемой жидкостей.	течений	течений, при ответе может допустить несколько негрубых ошибок	вания течений	требования, допускает грубые ошибки Уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки
		уметь:				
		рассчитывать гидродинамические параметры потока жидкости (газа) при внешнем обтекании тел и течении в каналах (трубах), проточных частях гидрогазодинамических устройств	Умеет рассчитывать гидродинамические параметры потока жидкости (газа)	Умеет рассчитывать гидродинамические параметры потока, допуская при этом небольшие ошибки	В целом демонстрирует не вполне уверенное умение рассчитывать гидродинамические параметры потока жидкости	Не проявил достаточного умения рассчитывать гидродинамические параметры потока жидкости
		владеть:				
		методиками вывода уравнений и проведения типовых гидродинамических расчетов гидромеханического оборудования и трубопроводов	Владеет методиками вывода уравнений и проведения типовых гидродинамических расчетов	Продемонстрированы базовые навыки владения методиками вывода уравнений и проведения типовых гидродинамических расчетов	Владеет основным и методиками проведения типовых гидродинамических расчетов	Не продемонстрированы базовые навыки, допущены грубые ошибки
	ОПК-1.11	знать:				
		основные физические свойства	Знает основные физические	Знает основные физические	Нетвёрдо знает основные физические	Уровень знаний ниже минимального

		жидкостей и газов, общие законы и уравнения статики, кинематики и динамики жидкостей и газов	ие свойства жидкостей и газов, общие законы и уравнения	свойства жидкостей и газов, общие законы и уравнения, допуская несущественные ошибки	ие свойства жидкостей и газов, общие законы и уравнения	ьных требований, допускает грубые ошибки
		уметь:				
		организовывать и проводить измерения и исследования, включая модифицированные, новые методы исследований	Умеет организовывать и проводить измерения и исследования, включая модифицированные методы	Умеет проводить измерения и исследования, допуская принципиальные ошибки	В целом демонстрирует умение (хотя не вполне уверенное) проводить измерения и исследования	
владеть;						
		методами и компьютерным и системами моделирования гидродинамического режима элементов установок и устройств	Уверенно владеет методами и компьютерными системами и моделирования	В основном владеет методами и компьютерными системами и моделирования	Имеет минимальные навыки владения методами и компьютерными системами и моделирования	Не продемонстрированы базовые навыки, допущены грубые ошибки

3. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Тест (Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Комплект тестовых заданий
Практическое	Средство оценки умения применять полученные	Комплект задач и

задание (ПЗ)	теоретические знания в практической ситуации. Задание направлено на оценивание компетенций по дисциплине, содержит четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий	заданий
Отчет по лабораторной работе (ОЛР)	Выполнение лабораторной работы, обработка результатов испытаний, измерений, эксперимента. Оформление отчета, защита результатов лабораторной работы по отчету	Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы, перечень требований к отчету

4. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Для текущего контроля ТК1:

Проверяемая компетенция: ОПК-1. ОПК-1.1. ОПК-1.11.

Тест 1

Примеры заданий теста:

1. Уравнение неразрывности является гидродинамическим выражением закона сохранения (баланса)

- энергии
- количества движения
- импульса
- массы

2. Паскаль служит единицей измерения

- силы
- давления
- напряжений трения
- нормальных и касательных напряжений
- плотности

3. Какие из этих жидкостей являются капельными?

- а) ртуть; в) азот; д) водород
б) керосин; г) нефть.

4. _____ – способность жидкостей оказывать сопротивление касательным напряжениям сдвига, развивающимся по внутренним поверхностям между движущимися объемами.

5. Что такое жидкость?

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

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

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

7. Основное уравнение гидростатического давления записывается в виде

- а) $z = \frac{p}{\rho g} + \text{const}$ в) $z = \frac{W^2}{2g} + \text{const}$
 б) $\frac{W^2}{2g} = \frac{p}{\rho g} + \text{const}$ г) $\frac{W^2}{2g} = \text{const}$

8. Площадь поперечного сечения потока, перпендикулярная направлению движения называется

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

9. На какие виды разделяют действующие на жидкость внешние силы?

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

10. _____ называется кривая, обладающая тем свойством, что в данный момент времени векторы скоростей в любой ее точке совпадают по направлению с касательными.

Отчет по лабораторной работе (ОЛР) 1.

Студент представляет отчёт о выполненной лабораторной работе, соответствующий требованиям Задания, при защите описывает содержание работы и отвечает на контрольные вопросы из методички и дополнительные вопросы преподавателя.

Примеры контрольных вопросов по лабораторной работе:

1. По каким признакам можно классифицировать все приборы для измерения давления?
2. В зависимости от вида измеряемого давления существуют следующие приборы: расскажите о них.
3. По принципу действия приборы для измерения давления подразделяются на следующие виды: перечислите и объясните принцип действия.
4. Термопары. Принцип действия.
5. Схемы подключения термопар к измерительному прибору и т.д.

Лабораторная работа считается защищенной, если студент предоставил правильный отчет о выполненной лабораторной работе, верно ответил на контрольные вопросы в конце методички и дополнительные вопросы преподавателя.

При оценке учитывается знание материала, полнота ответов на вопросы, понимание сути и принципов работы.

Практическая работа 1.

Цель работы.

1) изучить теоритический материал; 2) научиться решать задачи.

1. Перевести: а) 280 м^3 в литры, б) 6 л в м^3 , в) 20 кг/с в $\text{м}^3/\text{с}$, г) $0,8 \text{ м}^3/\text{с}$ в кг/с , д) $28023 \text{ мм. вод. ст.}$ в Па , е) 2738 мм. рт. ст. в Па , ж) 28 кгс в Н , з) 23 бар в мм. рт. ст. , и) $0,6 \text{ мм/с}$ в $\text{м}^3/\text{с}$.
2. Средняя скорость жидкости в трубе составляет 3 м/с , при ее плотности 1000 кг/м^3 . Вычислить массовый и объемный расходы в конечном сечении при его площади 20 мм^2 .
3. Средняя скорость нефти в трубопроводе составляет $2,4 \text{ м/с}$, при ее плотности 780 кг/м^3 . Диаметр трубопровода не изменяется по длине участка и составляет 100 мм . Вычислить массовый расход нефти из трубопровода.
4. Через начальное сечение трубопровода проходит оливковое масло плотность 915 кг/м^3 с массовым расходом $2,4 \text{ кг/с}$. Диаметр трубопровода в начальном сечении составляет 40 мм . Вычислить среднюю скорость оливкового масла в конечном сечении. Диаметр конечного сечения трубопровода составляет $6,5 \text{ см}$.
5. Труба имеет прямоугольное поперечное сечение с размерами $20 \times 40 \text{ см}$. В трубе протекает вода с плотностью 1000 кг/м^3 . Определите среднюю линейную скорость движения воды в трубе, если объемный расход равен $7,6 \text{ л/с}$.
6. Определить, чему равен гидравлический диаметр кольцевого пространства («труба в трубе»).
7. Определить гидравлический диаметр квадратного воздуховода.
8. Известно, что в трубе объемный расход воды при температуре 10°C составляет $1,5 \text{ м}^3/\text{с}$. Определить скорость в различных локальных местах трубы: а) в круглом сечении $d_{\text{вн}} = 80 \text{ мм}$; б) в квадратном сечении $20 \times 20 \text{ мм}$; в) в прямоугольном сечении $3 \times 6 \text{ см}$; г) в кольцевом пространстве при условии, что $d_{1 \text{ вн}} = 50 \text{ мм}$, $d_{2 \text{ вн}} = 100 \text{ мм}$.
9. Массовый расход газа в кольцевом пространстве составляет 25 кг/с . Определить скорость газа. Плотность газа принять $1,2 \text{ кг/м}^3$. $d_{1 \text{ вн}} = 70 \text{ мм}$, $d_{2 \text{ вн}} = 90 \text{ мм}$.
10. Средняя скорость газа в трубе составляет 1 м/с , при плотности $1,25 \text{ кг/м}^3$. Вычислить массовый и объемный расходы в конечном сечении при его площади 100 мм^2 .

Вопросы к самостоятельной работе 1

1. Что такое идеальная жидкость.
2. Отличие идеальной жидкости от реальной.
3. Что такое стационарное (установившееся) течение?
4. Отличие стационарного от нестационарного течения?
5. Что больше 1 атм или 1 бар? Сколько в 1 бар Па?
6. Чему равно атмосферное давление (которое принимается зачастую для решения практических задач)?
7. На чем основано уравнение неразрывности (сплошности) среды?
8. Какой параметр позволяет определить уравнение неразрывности?
9. Какие бывают расходы и в чем они измеряются?
10. Что такое гидравлический диаметр?
11. Что такое смоченный периметр?

Для текущего контроля ТК2:

Проверяемая компетенция: ОПК-1. ОПК-1.1. ОПК-1.11.

Тесты 2

1. На элементарный объем жидкости, рассматриваемый при выводе уравнений Эйлера, действуют:
 - а) Только массовые силы
 - б) Только поверхностные силы
 - в) Массовые и поверхностные силы
 - г) Ни массовые, ни поверхностные силы
2. Уравнения движения идеальной жидкости (уравнения Эйлера) являются следствием:
 - а) Уравнения неразрывности
 - б) Первого закона термодинамики
 - в) Второго закона Ньютона
 - г) Закону вязкостного трения Ньютона
3. Силы, пропорциональные массе рассматриваемого объема жидкости - это _____силы.
4. Силы, действующие на поверхность выделенного объема жидкости со стороны окружающей среды - это _____силы.
Ответ: поверхностные
5. Проекция единичных массовых сил на координатные оси в МЖГ принято обозначать буквами _____.
6. Физическая величина, равная силе, приходящейся на единицу массы - это _____массовых сил.

7. Ученый по фамилии _____, создавший уравнения, связывающие ускорения жидкой частицы с действующими на нее силами.
8. Модель жидкости, для которой справедливы уравнения Эйлера, предполагает отсутствие такого свойства как _____.
9. Для замыкания системы уравнений Эйлера необходимо дополнительно использовать уравнение _____.
10. При выводе уравнений Эйлера давление считается функцией координат и времени, что является следствием гипотезы _____ среды _____.

Отчет по лабораторной работе (ОЛР) 2.

Студент представляет отчёт о выполненной лабораторной работе, соответствующий требованиям Задания, при защите описывает содержание работы и отвечает на контрольные вопросы из методички и дополнительные вопросы преподавателя.

Примеры контрольных вопросов по лабораторной работе:

1. Напишите уравнение Бернулли и объясните физический смысл его составляющих.
2. Что характеризует пьезометрическая линия?
3. Что характеризуют гидродинамический напор, и напорная линия?
4. Приведите примеры практического применения уравнения Бернулли.
5. Назначение вентиляторов. Что является основными рабочими характеристиками вентиляторов.
6. Чем может быть объяснено наличие седловидного участка на кривой характеристики $H \bullet f(V)$ вентиляторов.
7. Какие формы лопаток применяются при изготовлении рабочих колес центробежных вентиляторов и почему.
8. Запишите и объясните физический смысл скоростного напора.

Лабораторная работа считается защищенной, если студент предоставил правильный отчет о выполненной лабораторной работе, верно ответил на контрольные вопросы в конце методички и дополнительные вопросы преподавателя.

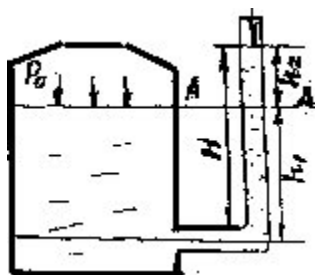
При оценке учитывается знание материала, полнота ответов на вопросы, понимание сути и принципов работы.

Практическая работа 2.

Цель работы.

- 1) изучить теоритический материал; 2) научиться решать задачи.

Пример 1. К закрытому резервуару для определения давления на свободной поверхности p_0 присоединена стеклянная трубка. Спрашивается, какое давление в резервуаре p_0 , если вода в трубке поднялась на высоту $H=3\text{м}$? Трубка присоединена на глубине $h_1=2\text{ м}$.



Решение.

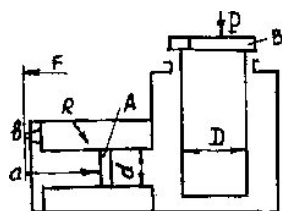
Из основного закона гидростатики следует, что во всех точках, лежащих в одной горизонтальной плоскости давление одинаково. Для горизонтальной плоскости А, проходящей по поверхности воды, можно записать:

$$p_0 = p_A, p_A = p_{ат} + \rho g h = p_{ат} + \rho g (H - h_1) = 98100 + 1000 \cdot 9.81 (3 - 2) = 107910 \text{ Па.}$$

Ответ: Давление на поверхности воды в резервуаре $p_0 = 107910 \text{ Па}$.

Пример 2. Какое минимальное усилие F необходимо приложить к поршню А для того, чтобы поднять груз $P = 1 \text{ т}$. Диаметры поршней: $d = 0,1 \text{ м}$, $D = 0,4 \text{ м}$, плечи: $a = 0,15 \text{ м}$, $b = 0,6 \text{ м}$.

Решение.



Сила R , прикладываемая к поршню А, создает давление масла под поршнем:

$$p = \frac{R}{S_A} = \frac{R}{\frac{\pi d^2}{4}}$$

Это давление передается в пространство, наполненное маслом под плунжером В, т.е.

$$p = \frac{P}{S_B} = \frac{P}{\frac{\pi D^2}{4}}$$

Тогда:

$$\frac{R}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{P}{\frac{\pi D^2}{4}}$$

или

$$R = P \frac{d^2}{D^2}$$

Учитывая правило рычага первого рода, можно записать:

$$\frac{F}{R} = \frac{a}{b} = \frac{P}{9810} = \frac{d^2}{D^2} = \frac{0,1^2}{0,4^2} = 0,0625$$

$$F = 153,3 \text{ Н}$$

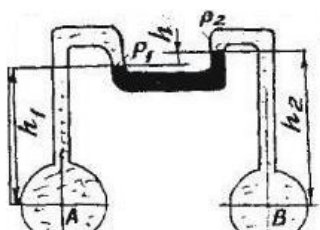
Ответ: Для поднятия груза весом 1 тонна необходимо приложить к рычагу усилие 153,3 Н.

Пример 3. Определить разность давления в резервуарах А и В, заполненных водой, если разность уровней ртути в U-образном манометре $h = 15 \text{ см}$.

Решение

Из рисунка следует, что:

$$p_1 = p_A + \rho g h_1 \quad \text{и} \quad p_2 = p_B + \rho g h_2$$



или $p_A \bullet p_1 \times^{gh_1}$ и $p_B \bullet p_2 \times^{gh_2}$

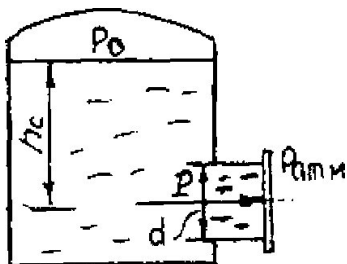
Разность давлений:

Так как $p_1 - p_2 = \rho_{\text{ж}} g h_1 - h_2$ и $h_1 - h_2 = -h$, можно записать:

$$p_1 - p_2 = \rho_{\text{ж}} g h = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,1513500 = 18394 \text{ Па.}$$

Ответ: Разность давлений в резервуарах - 18394 Па.

Пример 4. Определить суммарное усилие, воспринимаемое болтами смотрового люка диаметром $d = 0,5$ м, расположенного на глубине $h_c = 3$ м от свободной поверхности.



Решение.

Так как $p_0 = p_{\text{ат}}$, то сила гидростатического давления определяется по формуле

$$P = p S = \rho_{\text{ж}} g h_c \cdot \frac{\pi d^2}{4} = 1000 \cdot 9,81 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,2^2}{4} = 308 \text{ Н}$$

Ответ: Усилие, воспринимаемое болтами смотрового люка $P = 308$ Н.

Вопросы к самостоятельной работе 2

1. Силы, действующие в жидкости.
2. Гидростатическое давление и его свойство.
3. Основное уравнение гидростатики в поле земного тяготения.
4. Поверхность равного давления. Закон Паскаля. Виды давления.
5. Закон Архимеда.
6. Равновесие газа.
7. В чем разница между линией тока и траекторией? Могут ли они совпадать?
8. В чем различие установившегося и неустойчивого движения?
9. Что такое трубка тока, элементарная струйка жидкости?
10. Дайте определение живого сечения струйки, расхода жидкости и средней по живому сечению скорости.
11. Какой физический закон применительно к жидкости отражает уравнение неразрывности?
12. Каковы особенности безнапорных потоков, напорных потоков и гидравлических струй?

Для текущего контроля ТКЗ:

Проверяемая компетенция: ОПК-1. ОПК-1.1. ОПК-1.11.

Тест 3

1. Выберите правильный вариант ответа.

Уравнения Навье-Стокса являются одной из семи "Проблем тысячелетия", за решение которой Математический институт Клея назначил приз в размере:

а) 100 тысяч долларов

б) 500 тысяч долларов

в) 1 миллиона долларов

г) 10 миллионов долларов

2. Выберите правильный вариант ответа.

Для замыкания системы уравнений Навье-Стокса для несжимаемой жидкости необходимо дополнительно использовать:

а) Закон сохранения импульса

б) Уравнение состояния идеального газа

в) Уравнение неразрывности

г) Закон вязкостного трения Ньютона

3. Граничные условия на поверхности твердого тела в вязкой жидкости, утверждающие равенство скоростей жидкости и тела, называются условиями _____.

4. Уравнения Навье-Стокса описывают движение _____ ньютоновской жидкости.

5. Основная сложность аналитического решения уравнений Навье-Стокса возникает при описании _____ потоков.

6. Процесс добавления дополнительных моделей для описания турбулентности в уравнениях Навье-Стокса турбулентности называется?

7. В условиях разреженных газов или для полимеров с длинными молекулами классическое условие прилипания может не выполняться, и его заменяет условие _____.

8. Сколько решений имеет система уравнений Навье-Стокса для ламинарного потока и неразрывности при заданных граничных условиях?

9. Векторная форма уравнения Навье-Стокса включает в себя лапласиан скорости, характеризующий влияние _____ сил.

10. Фундаментальное предположение о том, что тонкий слой жидкости у стенки не проскальзывает относительно нее, называется условием _____.

Практическая работа 3.

Цель работы.

1) изучить теоритический материал; 2) научиться решать задачи.

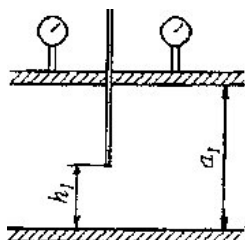
1. Модель расходомера Вентури. предназначенного для измерения расхода керосина, испытывается на воде. Определить расход воды Q_M на модели для соблюдения подобия, если расход керосина в натуре $Q_H = 35$ л/с, диаметры расходомера в натуре $D_H = 200$ мм и $d_H = 100$ мм, геометрический масштаб модели равен 2,5.

2. Какими будут потери напора на 1 км длины бетонного напорного трубопровода диаметром 500 мм, если потери на его воздушной модели ($K_l = 1$ м) при скорости движения воздуха 30 м/с составили 1 м?

3. Найти отношение кинематических вязкостей жидкостей на натуре и на модели при одновременном соблюдении вязкостного ($Re_m = Re_n$) и гравитационного ($Fr_m = Fr_n$) подобия потоков, если геометрический масштаб моделирования $K_1 = 100$.

4. Протекание нефти (вязкость $\nu_n = 0,25 \text{ С}_T$) по стальному трубопроводу диаметром 500 мм исследуется на его воздушной модели. Определить скорость движения воздуха на модели ($K_1 = 10$), если ее диаметр равен 50 мм, а скорость течения нефти в натуре составляет 1 м/с.

5. При испытании на воде модели задвижки в трубе квадратного сечения ($a_1 * a_1 = 100 * 100 \text{ мм}$) перепад давления при открытии $h_1 = 30 \text{ мм}$ и расходе $Q_1 = 8 \text{ л/с}$ составил $\Delta p_1 = 6,4 \text{ кПа}$, а сила действия потока на задвижку $R_1 = 48 \text{ Н}$. Определить Δp_2 и R_2 на натуре при $Q_2 = 1700 \text{ л/с}$, если $h_2 = 0,3a_2$ и $a_2 = 1 \text{ м}$.



Вопросы к самостоятельной работе 3

1. Распишите и объясните формулу размерности давления.
2. Приведите пример локальной и среднеинтегральной величины.
3. Поясните понятия числа подобия и критерия подобия.
4. Перечислите основные числа гидродинамического подобия и поясните их физический смысл.
5. Сформулируйте определение условий однозначности.
6. Как можно получить критерии подобия?
7. Что такое критерий гомохронности?
8. Какой критерий характеризует степень влияния эффектов сжимаемости в течении газа?
9. Назовите число подобия, характеризующее относительное влияние сил плавучести в поле массовых сил при наличии неоднородностей плотности, вызванной тепловым расширением при нагреве, к силам вязкости.
10. Какой критерий отражает влияние сил тяжести на движение жидкости?

Для промежуточной аттестации:

1. Виды жидкостей в МЖГ

2. Основные параметры жидкости и газа
3. Уравнение состояния идеального газа
4. Вязкость капельных жидкостей и газов.
5. Закон вязкостного трения Ньютона
6. Коэффициент динамической вязкости газов согласно кинетической теории газов
7. Поверхностное натяжение
8. Сжимаемость. Коэффициент объемного сжатия
9. Значение МЖГ на современном этапе развития науки и техники
10. Кинематика жидкости
11. Траектория, линия тока, трубка тока
12. Способы описания движения сплошной среды
13. Уравнение сплошности потока (уравнение неразрывности)
14. Дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости (уравнения Эйлера)
15. Массовые силы
16. Поверхностные силы
17. Тензор напряжения
18. Уравнение движения в напряжениях
19. Вывод уравнения Бернулли в упрощенной форме
20. Уравнение Бернулли в форме напоров
21. Уравнение Навье-Стокса
22. Подход Лагранжа
23. Подход Эйлера
24. Система уравнений Навье-Стокса в векторном виде. Проблемы решения уравнения Навье-Стокса.
25. Размерные и безразмерные величины.
26. $\Pi(\pi)$ - теорема Бэкингема.
27. Подобие.
28. Условия подобия явлений.
29. Основные числа подобия в МЖГ.

1. Определить массовый и объемный расходы. Скорость воды составляет 0,8 м/с. Плотность 998 кг/м³. Жидкость протекает в кольцевом пространстве (диаметр первой трубы 90 мм, диаметр второй – 120 мм).
2. Вычислить скорости нефти в конечном сечении трубопровода, диаметром 70 мм, если в начальном сечении трубопровода с диаметром 8 см средняя линейная скорость движения нефти составляет 3,9 м/с. Ось начального сечения трубопровода располагается на высоте 3 м, а конечного на высоте 3,7 м. Плотность нефти 890 кг/м³. Перепад давления Δp в трубопроводе составляют 9,7 кПа.

3. Вычислить перепад давления в трубопроводе, если известно: плотность жидкости $\rho = 1500 \text{ кг/м}^3$, средняя линейная скорость потока через начальное сечение $W_1 = 3 \text{ м/с}$, а через конечное – $W_2 = 1,4 \text{ м/с}$. Трубопровод расположен горизонтально.
4. Рассчитать число Рейнольдса для потока воды при температуре 20 градусов, канал имеет трапециевидное сечение (высота - 2,4 м, ширина верха и низа - 5 и 8 м соответственно, длина боковой стороны - 4 м), скорость течения воды - 0,6 м/с.
5. Определить рабочее число Рейнольдса (газ принять несжимаемым) по трубопроводу прямоугольного сечения размерами 18×25 см. Кинематическая вязкость газа $1,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$, скорость движения среды равна 5 м/с.
6. По трубопроводу диаметром 156 мм перекачивают мазут с плотностью 0,9 т/м³. Определить объемный расход и среднюю скорость, если массовый расход равен 50 т/ч.
7. Оценить напряжение трения по Ньютону на пластине, движущейся по поверхности слоя мазута (вязкость 5500 Па.с с температурой 0°C и толщиной 3мм со скоростью 10 см/сек.
8. Вода с температурой 95°C (плотность 0.961 г/л) течет между двумя соосными трубами, внутренний диаметр внешней трубы равен 100 мм, наружный диаметр внутренней – 57 мм. Определить скорость движения воды в межтрубном пространстве, если массовый расход равен 10 кг/с.
9. Определить объем воды, который необходимо дополнительно подать в водовод диаметром 0,5 м и длиной 1 км для повышения давления до 5 МПа. Водовод подготовлен к гидравлическим испытаниям и заполнен водой при атмосферном давлении. Деформацией трубопровода пренебречь.
10. Для опорожнения цистерны диаметром 3 м, доверху наполненной сырой нефтью (плотность 0,9 кг/л), к верхней задрайке подсоединен рукав от компрессора, нагнетающего давление 0,156 МПа. Оценить объемный расход через нижний сливной патрубок с площадью поперечного сечения 40 см² в начале и конце слива, время опорожнения цистерны (объем $V=60 \text{ м}^3$). Оценить время опорожнения цистерны.

Для текущего контроля ТК4:

Проверяемая компетенция: ОПК-1. ОПК-1.1. ОПК-1.11.

Тест 4

1. Что такое вязкость?
 - а) Свойство жидкости сопротивляться взаимному перемещению ее частиц при движении.
 - б) Способность жидкости сохранять постоянный объем под внешним давлением.
 - в) Степень прозрачности жидкости.
 - г) Количество растворенных солей в жидкости.

2. Какой из перечисленных видов жидкостей характеризуется отсутствием вязкости?
- а) Реальная жидкость
 - б) Идеальная жидкость
 - в) Капельная жидкость
 - г) Неньютоновская жидкость
3. Закон вязкостного трения Ньютона – _____ внутреннего трения, приходящаяся на единицу площади движущихся слоев жидкости, прямо пропорциональна градиенту скорости движения слоев
4. Динамическая вязкость характеризует _____ жидкости силе, заставляющей ее течь
5. Кинематическая вязкость характеризует _____ жидкости и зависит от ее плотности
6. Для газов, в том числе и _____, повышение температуры приводит к увеличению вязкости
7. Разреженный газ – газ с очень малой плотностью. Средняя длина свободного пробега молекул может быть сравнима с линейными размерами сосуда, в котором находится газ. Вакуум – сильно разреженный газ. _____ пролетает от одной стенки сосуда до другой без соударения с другими молекулами.
8. _____ - прибор для определения динамической или кинематической вязкости вещества
9. _____ – прибор для измерения плотности жидкостей.
10. _____ – это способность вещества течь. Характеризуется величиной обратной вязкости.

Практическая работа 4.

Цель работы.

- 1) изучить теоритический материал; 2) научиться решать задачи.

1. Вычислить высоту струи фонтана относительно основания, на котором он расположен, если струя подается с давлением 9 кПа, объемный расход струи при ее выходе из направляющей трубы равна $1,25 \text{ м}^3/\text{с}$.

2. Коэффициент Кориолиса принять равным 1,25, потерями давления на трение пренебречь. Площади щели, откуда вылетает струя равна $0,2 \text{ м}^2$ [1].

3. По трубе внутренним диаметром $d = 100 \text{ мм}$ движется вода, кинематическая вязкость, которой $\nu = 1,515 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$. Скорость движения воды $W = 5 \text{ м/с}$. Определить режим движения жидкости.

4. Определить режим движения нефти в нефтепроводе диаметром 35 см, скорость среды 0,4 м/с, кинематическую вязкость принять при температуре 25 градусов (Для этого найти таблицу «Теплофизические свойства нефти», марку нефти выбрать любую. Если в таблице значения представлены с шагом $10 \text{ }^\circ\text{C}$, то для $25 \text{ }^\circ\text{C}$ вычислить по формуле среднеарифметического значения).

5. Труба диаметром $200 \times 10 \text{ мм}$ переходит в трубу диаметром

50×5 мм, после чего поднимается вверх на 20 м. В нижнем и верхнем сечениях трубы установлены манометры. Нижний манометр показывает давление $P_1=5$ кГс/см². По трубопроводу перекачивается вода с расходом 55 м³/час и температурой 40°C. Определить показания верхнего манометра. В ходе расчетов принять, что потери давления ($p_{\text{пот}}$), вызванные силами вязкости, составляют 0,95 кПа. Определить давление, которое показывает верхний манометр. Определить мощность насоса на прокачку жидкости, если его КПД составляет 0,4.

6. Известно, что число Рейнольдса составляет 98760. Определите скорость воды в трубе диаметром 20 мм. Кинематическую вязкость принять равной при температуре воды 40 °C.

7. По прямоугольного участка течет вода. Объемный расход равен 0,07 м³/с. Стороны прямоугольника 15х25 см. Определить число Рейнольдса при ее температуре 50 градусов.

Отчет по лабораторной работе (ОЛР) 4.

Студент представляет отчёт о выполненной лабораторной работе, соответствующий требованиям Задания, при защите описывает содержание работы и отвечает на контрольные вопросы из методички и дополнительные вопросы преподавателя.

Примеры контрольных вопросов по лабораторной работе:

1. Поясните схему установки, название и назначение узлов.
2. Подумайте, какие замеры делаются в экспериментах. Какие величины вычисляются.
3. Объясните, что означает термин «несжимаемая жидкость».
4. Объясните, что означает термин «невязкая жидкость».
5. Запишите интеграл Бернулли для невязкой жидкости. Каковы условия его применимости.
6. Дайте определение линии тока, трубки тока.
7. Проанализируйте, как проявляет себя вязкость воздуха, текущего в трубе.
8. Объясните причины падения давления на цилиндрических и конических участках трубы.
9. Назовите возможные причины немонотонности кривой $p(x)$.
10. Оцените расход в одном из режимов в кг/мин.
11. Вычислите, как изменится средняя скорость потока в трубе, если ее диаметр увеличить (уменьшить) в 2 – 3 раза.
12. Подумайте, существует ли прямая связь между массовым и объемным расходами.
13. Перечислите, взаимопревращение каких видов энергии учитывает уравнение Бернулли для несжимаемой жидкости.
14. Поясните, в каких случаях можно не учитывать необратимые потери энергии.

15. Подумайте, изменение какого вида энергии не учитывается в уравнении Бернулли для несжимаемой жидкости в отличие от газа.

16. Объясните, в каких случаях можно не учитывать изменение потенциальной энергии положения в поле силы тяжести.

17. Поясните, чем стационарное течение отличается от нестационарного и какой режим диагностировался в настоящем эксперименте.

18. Подумайте, почему осесимметричные потоки относят к двумерным.

19. Назовите термодинамический процесс, который протекает с воздухом, движущимся в рассматриваемом канале.

20. Поясните, какие режимы течения устанавливаются на различных участках канала.

21. Запишите число Рейнольдса для стабилизированного потока в трубе через динамическую вязкость, вычислите его для участка с диаметром 50 мм.

22. Подумайте, взаимопревращение каких видов энергии учитывает уравнение Бернулли для несжимаемой жидкости.

Лабораторная работа считается защищенной, если студент предоставил правильный отчет о выполненной лабораторной работе, верно ответил на контрольные вопросы в конце методички и дополнительные вопросы преподавателя.

При оценке учитывается знание материала, полнота ответов на вопросы, понимание сути и принципов работы.

Вопросы к самостоятельной работе 4

1. В чем преимущество установившегося течения в трубе?
2. Что такое течение Пуазейля?
3. От чего зависят потери давления при ламинарном течении в трубе?
4. Запиши формулу Дарси-Вейсбаха
5. Формула коэффициента трения для ламинарного течения жидкости в трубе
6. От чего сильно зависят потери напора и распределение скоростей в трубах и аппаратах?
7. Чем определяется шероховатость?
8. Что такое абсолютная шероховатость?
9. Что такое относительная шероховатость?
10. Опиши 5 характерных зон движения потока при разных числах Рейнольдса в опытах Никурадзе.

Для текущего контроля ТК5:

Проверяемая компетенция: ОПК-1. ОПК-1.1. ОПК-1.11.

Тест 5

1. Ламинарный режим движения жидкости это

- а) режим, при котором частицы жидкости перемещаются бессистемно только у стенок трубопровода;
- б) режим, при котором частицы жидкости в трубопроводе перемещаются бессистемно;
- в) режим, при котором жидкость сохраняет определенный строй своих частиц;
- г) режим, при котором частицы жидкости двигаются послойно только у стенок трубопровода.

2. Турбулентный режим движения жидкости это

- а) режим, при котором частицы жидкости сохраняют определенный строй (движутся послойно);
- б) режим, при котором частицы жидкости перемещаются в трубопроводе бессистемно;
- в) режим, при котором частицы жидкости двигаются как послойно так и бессистемно;
- г) режим, при котором частицы жидкости двигаются послойно только в центре трубопровода.

3. При каком режиме движения жидкости в трубопроводе пульсация скоростей и давлений не происходит?

- а) при отсутствии движения жидкости;
- б) при спокойном;
- в) при турбулентном;
- г) при ламинарном.

4. При каком режиме движения жидкости в трубопроводе наблюдается пульсация скоростей и давлений в трубопроводе?

- а) при ламинарном;
- б) при скоростном;
- в) при турбулентном;
- г) при отсутствии движения жидкости.

5. При ламинарном движении жидкости в трубопроводе наблюдаются следующие явления

- а) пульсация скоростей и давлений;
- б) отсутствие пульсации скоростей и давлений;
- в) пульсация скоростей и отсутствие пульсации давлений;
- г) пульсация давлений и отсутствие пульсации скоростей.

6. При турбулентном движении жидкости в трубопроводе наблюдаются следующие явления

- а) пульсация скоростей и давлений;
- б) отсутствие пульсации скоростей и давлений;
- в) пульсация скоростей и отсутствие пульсации давлений;
- г) пульсация давлений и отсутствие пульсации скоростей.

7. Где скорость движения жидкости максимальна при турбулентном режиме?

- а) у стенок трубопровода;
- б) в центре трубопровода;
- в) может быть максимальна в любом месте;
- г) все частицы движутся с одинаковой скоростью.

8. Где скорость движения жидкости максимальна при ламинарном режиме?

- а) у стенок трубопровода;
- б) в центре трубопровода;
- в) может быть максимальна в любом месте;
- г) в начале трубопровода.

9. Режим движения жидкости в трубопроводе — это процесс

- а) обратимый;
- б) необратимый;
- в) обратим при постоянном давлении;
- г) необратим при изменяющейся скорости.

10. От каких параметров зависит значение числа Рейнольдса?

- а) от диаметра трубопровода, кинематической вязкости жидкости и скорости движения жидкости;
- б) от расхода жидкости, от температуры жидкости, от длины трубопровода;
- в) от динамической вязкости, от плотности и от скорости движения жидкости;
- г) от скорости движения жидкости, от шероховатости стенок трубопровода, от вязкости жидкости.

Практическая работа 5.

Цель работы.

- 1) изучить теоритический материал; 2) научиться решать задачи.

1. Определить величину давления на единицу площади внутренней поверхности чугунной водопроводной трубы диаметром 100 мм при быстром закрытии задвижки. Проанализировать, выдержит ли труба этот гидроудар. Скорость течения воды в трубе 1 м/с, толщина стенок трубы 8,5 мм. Гидростатическое давление в трубе, когда задвижка открыта, равно 4 атм (напор перед задвижкой – 40 м). При условии, что допустимое напряжение для чугуна соответствует 250 кгс/см².

2. Определить скорость распространения ударной волны по стальному углеродистому водопроводу диаметром $d = 300$ мм и толщиной стенки $\delta = 10$ мм, образовавшейся при резком перекрытии сечения трубопровода. При расчетах учесть, что до гидравлического удара средняя линейная скорость потока равна 1,5 м/с. На какую величину при этом повысится давление в водопроводе? Проанализировать, выдержит ли водопровод этот гидравлический удар, если гидростатическое давление в трубе при открытой задвижке составляет 4,2 бар. При условии, что допустимое напряжение для углеродистой стали составляет 154 МПа.

3. Определить число Маха. Выявить режим скорости (таблица 5.3). Скорость воздуха составляет 200 м/с, температура 450 К, удельная газовая постоянная воздуха 287 Дж/(кг·К), удельная изобарная теплоемкость равна 1024,4 Дж/(кг·К), удельная изохорная теплоемкость равна 737,4 Дж/(кг·К).

4. Определить число Маха для самолета. Выявить режим скорости. Самолет движется со скоростью 3 000 км/час. Температура составляет 500 К.

5. Определить какая часть мощности, развиваемая двигателем болида, уходит на преодоление аэродинамического сопротивления. Известно, что скорость болида составляет 300 км/ч, площадь поперечного сечения болида составляет 1,5 м², плотность воздушной среды 1,23 кг/м³ коэффициент аэродинамического сопротивления равен 0,5. Двигатель выдает мощность, которая равна 551 000 Вт.

6. Известно, что коэффициент аэродинамического сопротивления Alfa Romeo 164 (0,3), Audi R8 V10 2008 (0,36), Porsche 911 Carrera S 2005 (0,28), седана Lada Kalina (0,378). Принять, что плотность воздуха 1,2 кг/м³, скорость 70 км/ч. Определить и сравнить силу лобового сопротивления для всех авто. Данные можно найти в открытом доступе (например, в интернете или справочниках). При их отсутствии принять значения неизвестных параметров «условными», т.е. на ваш выбор).

7. Определить скорость распространения ударной волны по водопроводу и повышение давления при гидравлическом ударе, который выполнен из ковкого чугуна (допустимое напряжение составляет 105 МПа). Диаметр водопровода 200 мм, толщина стенки 8 мм. Скорость движения воды - 1 м/с. Проанализировать, при какой критической скорости движения среды внутри трубы допустимое напряжение будет превышено.

8. Определить число Маха для самолета. Выявить режим скорости. Самолет движется со скоростью 5 000 км/час. Температура составляет 600 К. Высота, на которой летит самолет – 10 км.

9. Рассчитать силу лобового сопротивления и мощность на преодоление аэродинамического сопротивления для любого автомобиля. Выбрать, что хотите, помимо рассчитанных выше. Коэффициент аэродинамического сопротивления выбрать из открытых источников (например, в интернете). Другие параметры необходимые для вычислений рассчитать или найти в открытом доступе.

Отчет по лабораторной работе (ОЛР) 5.

Студент представляет отчёт о выполненной лабораторной работе, соответствующий требованиям Задания, при защите описывает содержание работы и отвечает на контрольные вопросы из методички и дополнительные вопросы преподавателя.

Примеры контрольных вопросов по лабораторной работе:

1. Параллельное соединение трубопроводов
2. Гидравлический удар, физический смысл.

3. Стадии гидроудара
4. Изменение давления при гидроударе.
5. Что определяет модуль упругости материала стенок трубопровода?

Лабораторная работа считается защищенной, если студент предоставил правильный отчет о выполненной лабораторной работе, верно ответил на контрольные вопросы в конце методички и дополнительные вопросы преподавателя.

При оценке учитывается знание материала, полнота ответов на вопросы, понимание сути и принципов работы.

Вопросы к самостоятельной работе 5

1. Меры для защиты от гидравлических ударов
2. Как работают воздушные баки при гидравлическом ударе?
3. Приведите пример установки демпфирующих устройств-компенсаторов
4. Что называют насосом?
5. На какие основные группы подразделяются насосы?
6. Формула для расчета напора работающего насоса
7. Формула для расчета мощности насоса
8. На преодоление чего расходуется напор, создаваемый насосом?
9. Что оценивает КПД насоса?
10. Пределы значений КПД современных центробежных насосов?

Для текущего контроля ТК6:

Проверяемая компетенция: ОПК-1. ОПК-1.1. ОПК-1.11.

Тест 6

1. Ламинарный режим движения жидкости это
 - а) режим, при котором частицы жидкости перемещаются бессистемно только у стенок трубопровода;
 - б) режим, при котором частицы жидкости в трубопроводе перемещаются бессистемно;
 - в) режим, при котором жидкость сохраняет определенный строй своих частиц;
 - г) режим, при котором частицы жидкости двигаются послойно только у стенок трубопровода.
2. Турбулентный режим движения жидкости это
 - а) режим, при котором частицы жидкости сохраняют определенный строй (движутся послойно);
 - б) режим, при котором частицы жидкости перемещаются в трубопроводе бессистемно;

- в) режим, при котором частицы жидкости двигаются как послойно так и бессистемно;
- г) режим, при котором частицы жидкости двигаются послойно только в центре трубопровода.

3. При каком режиме движения жидкости в трубопроводе пульсация скоростей и давлений не происходит?

- а) при отсутствии движения жидкости;
- б) при спокойном;
- в) при турбулентном;
- г) при ламинарном.

4. При каком режиме движения жидкости в трубопроводе наблюдается пульсация скоростей и давлений в трубопроводе?

- а) при ламинарном;
- б) при скоростном;
- в) при турбулентном;
- г) при отсутствии движения жидкости.

5. При ламинарном движении жидкости в трубопроводе наблюдаются следующие явления

- а) пульсация скоростей и давлений;
- б) отсутствие пульсации скоростей и давлений;
- в) пульсация скоростей и отсутствие пульсации давлений;
- г) пульсация давлений и отсутствие пульсации скоростей.

6. При турбулентном движении жидкости в трубопроводе наблюдаются следующие явления

- а) пульсация скоростей и давлений;
- б) отсутствие пульсации скоростей и давлений;
- в) пульсация скоростей и отсутствие пульсации давлений;
- г) пульсация давлений и отсутствие пульсации скоростей.

7. Где скорость движения жидкости максимальна при турбулентном режиме?

- а) у стенок трубопровода;
- б) в центре трубопровода;
- в) может быть максимальна в любом месте;
- г) все частицы движутся с одинаковой скоростью.

8. Где скорость движения жидкости максимальна при ламинарном режиме?

- а) у стенок трубопровода;
- б) в центре трубопровода;
- в) может быть максимальна в любом месте;
- г) в начале трубопровода.

9. Режим движения жидкости в трубопроводе — это процесс

- а) обратимый;
- б) необратимый;
- в) обратим при постоянном давлении;
- г) необратим при изменяющейся скорости.

10. От каких параметров зависит значение числа Рейнольдса?

- а) от диаметра трубопровода, кинематической вязкости жидкости и скорости движения жидкости;
- б) от расхода жидкости, от температуры жидкости, от длины трубопровода;
- в) от динамической вязкости, от плотности и от скорости движения жидкости;
- г) от скорости движения жидкости, от шероховатости стенок трубопровода, от вязкости жидкости.

Практическая работа 6.

Цель работы.

- 1) изучить теоритический материал; 2) научиться решать задачи.

1. Определить максимальную высоту всасывания центробежного насоса, перекачивающего $8,5 \text{ м}^3/\text{час}$ воды, считая – гидравлическое сопротивление всасывающей линии, включая затрату энергии на сообщение скорости потоку жидкости равное 250 см.вод.ст. Насос установлен на нулевой отметке, температура перекачиваемой жидкости – 40°C , число оборотов вала 8000 об/мин.
2. Водоструйный насос поднимает $7,8 \text{ м}^3/\text{час}$ перекачиваемой жидкости относительной плотности $1,02$ на высоту $H = 4 \text{ м.}$ Расход рабочей (напорной) воды при этом составляет $9,6 \text{ м}^3/\text{час.}$ Напор рабочей воды перед насосом $H_p = 22 \text{ м.}$ Определить КПД водоструйного насоса.
3. Водоструйный насос поднимает $12 \text{ м}^3/\text{час}$ перекачиваемой жидкости относительной плотности $2,05$ на высоту $H = 7 \text{ м.}$ Расход рабочей (напорной) воды при этом составляет $18 \text{ м}^3/\text{час.}$ Напор рабочей воды перед насосом $H_p = 25 \text{ м.}$ Определить КПД водоструйного насоса.
4. Определить максимальную высоту всасывания центробежного насоса, перекачивающего $7,3 \text{ м}^3/\text{час}$ воды, считая – гидравлическое сопротивление всасывающей линии, включая затрату энергии на сообщение скорости потоку жидкости равное 350 см.вод.ст. Насос установлен на нулевой отметке, температура перекачиваемой жидкости – 60°C , число оборотов вала 9500 об/мин.
5. Определить максимальную высоту всасывания центробежного насоса, перекачивающего $5,5 \text{ м}^3/\text{час}$ воды, считая – гидравлическое сопротивление всасывающей линии, включая затрату энергии на сообщение скорости потоку жидкости равное 150 см.вод.ст. Насос установлен на нулевой отметке, температура перекачиваемой жидкости – 87°C , число оборотов вала 6800 об/мин.

Отчет по лабораторной работе (ОЛР) 6.

Студент представляет отчёт о выполненной лабораторной работе, соответствующий требованиям Задания, при защите описывает содержание работы и отвечает на контрольные вопросы из методички и дополнительные вопросы преподавателя.

Примеры контрольных вопросов по лабораторной работе:

1. Виды гидравлических сопротивлений. Физические характеристики гидравлических сопротивлений.
2. Сопротивление по длине при движении в цилиндрической трубе при существующих режимах.
3. Формула Дарси- Вейсбаха, ее физический смысл.
4. Течение жидкости в гидравлически гладких и шероховатых трубах. Движение жидкости в трубах некруглого сечения.
5. Местные гидравлические сопротивления. Формулы определения потери напора при прохождении жидкости через местные преграды в трубопроводах. Эквивалентная длина.
6. Зависимость коэффициента местного сопротивления от числа Рейнольдса.

Лабораторная работа считается защищенной, если студент предоставил правильный отчет о выполненной лабораторной работе, верно ответил на контрольные вопросы в конце методички и дополнительные вопросы преподавателя.

При оценке учитывается знание материала, полнота ответов на вопросы, понимание сути и принципов работы.

Вопросы к самостоятельной работе 6

1. Какова зависимость между напором и производительностью центробежного насоса?
2. Что такое кавитация?
3. Что такое рабочая точка?
4. Что включает в себя параметр – гидравлическое сопротивление всасывающей линии насоса?
5. Что называется характеристикой насоса?
6. Истечение жидкости из отверстия в тонкой стенке. Основные расчетные формулы.
7. Зависимость коэффициентов истечения от числа Рейнольдса.
8. Что такое коэффициент расхода?
9. Что называют дросселированием?
10. Какие зависимости входят в график Альтшуля?

Для промежуточной аттестации:

1. Схема начального участка ламинарного течения в трубе
2. Причина появления турбулентности. Турбулентное течение
3. Турбулентное течение. Местные скорости
4. Турбулентное течение. Виды шероховатости и их влияние на сопротивление потоку.
5. Местные сопротивления.
6. Полуэмпирическая теория турбулентности по Прандтлю.
7. Абсолютное давление.
8. Манометрическое давление.
9. Вакуум. Вакуумметрическое давление.
10. Приборы по измерению гидростатического давления.
11. Пьезометр.
12. Ртутный манометр.
13. Дифференциальный манометр.
14. Микроманометр.
15. Вакуумметр.
16. Пружинный манометр.
17. Системы единиц измерения.
18. Гидравлический удар.
19. Стадии гидроудара.
20. Виды гидравлических ударов.
21. Предотвращение возникновения гидравлического удара.
22. Назначение и классификация трубопроводов.
23. Простые трубопроводы.
24. Сложные трубопроводы.
25. Параллельные трубопроводы.
26. Кольцевые и разветвленные трубопроводы.
27. Длинные и короткие трубопроводы.
28. Истечение жидкости из отверстий.

1. Каков минимальный диаметр d круглой трубы ($l = 100$ см), способный обеспечить расход жидкости ($\rho = 800$ кг/м³, $\mu = 10$ сПз) не более 100 см³/с, если известно, что перепад давления между ее концами не может превышать 490 Па?
2. По горизонтальному трубопроводу с диаметром 205 мм и длиной 4 км перекачивают топочный мазут, кинематическая вязкость которой равна 1,0 Ст, а плотность - 890 кг/м³. Определить перепад давлений, необходимый для перекачки указанного нефтепродукта с расходом 25 т/ч.
3. Определить расход жидкости в горизонтальном нефтепроводе, имеющем диаметр 309 мм и длину 30 км, по которому перекачивают высоковязкую нефть с плотностью 870 кг/м³ и вязкостью 135 сСт, если известно, что движущий перепад давлений равен 8 атм.

4. Площадь минимального сечения сверхзвукового щелевого сопла газодинамического лазера равна 10 см^2 , а площадь выходного сечения – 25 см^2 . Давление в форкамере 1 МПа , температура газов – продуктов сгорания керосина – 1700 К . Определить значения скорости струи и давление на выходе, считая продукты сгорания газом со свойствами воздуха.
5. Определите размеры минимального и выходного сечений сопла Лаваля, если давление воздуха на входе в сопло $p_0 = 0,7 \text{ МПа}$, температура $t_0 = 33^\circ\text{C}$, наружное давление $0,1 \text{ МПа}$, а расход 7200 кг/ч . Как изменятся скорость и расход, если температура воздуха на входе в сопло станет равной 177°C ? Как нужно изменить сопло, чтобы расход оставался прежним?
6. Керосин с температурой 20°C движется по шлангу с внутренним диаметром 6 мм . До какой среднерасходной скорости движения режим будет сохраняться ламинарным?
7. Определить расход воды с температурой 20°C в горизонтальном трубопроводе диаметром 203 мм , эквивалентной шероховатостью $0,15 \text{ мм}$ и длиной 40 км , если насос обеспечивает избыточное давление $1,2 \text{ МПа}$.
8. Из резервуара по горизонтальной трубе диаметром $d = 50 \text{ мм}$ и длиной 20 м вытекает в атмосферу вода. Уровень воды над осью трубы поддерживается равным 4 м . Определить расход воды, пренебрегая местными сопротивлениями и принимая в первом приближении коэффициент гидравлического трения равным $0,03$.
9. Определить число Маха для самолета. Выявить режим скорости. Самолет движется со скоростью 5000 км/час . Температура составляет 600 К . Высота, на которой летит самолет – 10 км .
10. Рассчитать силу лобового сопротивления и мощность на преодоление аэродинамического сопротивления для любого автомобиля. Выбрать, что хотите, помимо рассчитанных выше. Коэффициент аэродинамического сопротивления выбрать из открытых источников (например, в интернете). Другие параметры необходимые для вычислений рассчитать или найти в открытом доступе.