

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "УДМУРТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"**

Рег. № 000010954



Кафедра энергетики и электротехнологии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование дисциплины (модуля): Гидрогазодинамика

Уровень образования: Бакалавриат

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки: Энергообеспечение предприятий

Очная, заочная

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (приказ № 143 от 28.02.2018 г.)

Разработчики:

Лекомцев П. Л., доктор технических наук, профессор

Корепанов А. С., старший преподаватель, совместитель 0,5 ставки

Программа рассмотрена на заседании кафедры, протокол № 01 от 28.03.2025 года

1. Цель и задачи изучения дисциплины

Цель изучения дисциплины - формирование у студентов системы знаний для выполнения гидро- и газодинамических расчетов систем тепло-, водо-, газоснабжения, вентилирования и кондиционирования зданий в сельскохозяйственном производстве

Задачи дисциплины:

- изучить основные физические свойства жидкостей и газов, общие законы и уравнения статики, кинематики и динамики жидкостей и газов, особенности физического и математического моделирования одномерных и трехмерных, дозвуковых и сверхзвуковых, ламинарных и турбулентных течений идеальной и реальной несжимаемой и сжимаемой жидкостей;
- овладеть методиками расчета гидродинамических параметров потока жидкости (газа) при внешнем обтекании тел и течении в каналах (трубах), проточных частях гидро-газодинамических машин; проводить гидравлический расчет трубопроводов;
- овладеть методиками проведения типовых гидродинамических расчетов гидромеханического оборудования и трубопроводов.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Гидрогазодинамика» относится к базовой части учебного плана.

Дисциплина изучается на 3 курсе, в 5 семестре.

Изучению дисциплины «Гидрогазодинамика» предшествует освоение дисциплин (практик):

Математика;

Физика;

Теоретическая механика.

Освоение дисциплины «Гидрогазодинамика» является необходимой основой для последующего изучения дисциплин (практик):

Источники и системы теплоснабжения предприятий;

Системы газоснабжения;

Технологические энергосистемы предприятий;

Проектирование систем энергообеспечения.

В процессе изучения дисциплины студент готовится к видам профессиональной деятельности и решению профессиональных задач, предусмотренных ФГОС ВО и учебным планом.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций:

- ОПК-2 Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

Знания, умения, навыки, формируемые по компетенции в рамках дисциплины, и индикаторы освоения компетенций

Студент должен знать:

Математический аппарат исследования функций, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, рядов, дифференциальных уравнений, теории функций комплексного переменного, численных методов. Физические явления, законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма, оптики. Основы автоматического управления и регулирования.

Студент должен уметь:

Применять физико-математический аппарат при исследовании и решении профессиональных задач. Выполнять моделирование систем автоматического регулирования

Студент должен владеть навыками:

Физико-математическим аппаратом, законами механики, термодинамики, электричества и магнетизма, оптики, химии при решении профессиональных задач. Основами автоматического управления и регулирования. Методами моделирование систем автоматического регулирования

4. Объем дисциплины и виды учебной работы (очная форма обучения)

Вид учебной работы	Всего часов	Пятый семестр
Контактная работа (всего)	40	40
Лабораторные занятия	8	8
Лекционные занятия	16	16
Практические занятия	16	16
Самостоятельная работа (всего)	113	113
Виды промежуточной аттестации	27	27
Экзамен	27	27
Общая трудоемкость часы	180	180
Общая трудоемкость зачетные единицы	5	5

Объем дисциплины и виды учебной работы (заочная форма обучения)

Вид учебной работы	Всего часов	Пятый семестр	Шестой семестр
Контактная работа (всего)	16	16	
Лабораторные занятия	6	6	
Лекционные занятия	8	8	
Практические занятия	2	2	
Самостоятельная работа (всего)	155	56	99
Виды промежуточной аттестации	9		9
Экзамен	9		9
Общая трудоемкость часы	180	72	108
Общая трудоемкость зачетные единицы	5	2	3

5. Содержание дисциплины

Тематическое планирование (очное обучение)

Номер темы/раздела	Наименование темы/раздела	Всего часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
	Пятый семестр, Всего	153	16	16	8	113
Раздел 1	Общая гидродинамика	67	8	10		49
Тема 1	Свойства жидкостей и газов	16	2	2		12
Тема 2	Гидростатика	16	2	2		12

Тема 3	Кинематика	16	2	2		12
Тема 4	Гидродинамика	19	2	4		13
Раздел 2	Прикладная гидродинамика	56	6	4	4	42
Тема 5	Режимы течения	16	2	2	2	10
Тема 6	Основы теории подобия и моделирования	11	1			10
Тема 7	Местные гидравлические сопротивления	18	2	2	2	12
Тема 8	Расчет трубопроводных систем	11	1			10
Раздел 3	Газодинамика	30	2	2	4	22
Тема 9	Одномерные течения идеального газа	19	1	2	4	12
Тема 10	Скачки уплотнений. Пограничный слой	11	1			10

На промежуточную аттестацию отводится 27 часов.

Содержание дисциплины (очное обучение)

Номер темы	Содержание темы
Тема 1	Введение. Основные понятия и определения. Параметры потока. Свойства жидкостей, газов и паров. Основные термодинамические соотношения. Классификация сил. Массовые силы. Поверхностные силы.
Тема 2	Уравнение равновесия жидкости. Основное уравнение гидростатики в дифференциальной форме. Эквипотенциальные поверхности и поверхности равного давления. Гидростатический закон распределения давления. Равновесие несжимаемой жидкости в сообщающихся сосудах. Измерение давления. Определение силы давления жидкости на поверхности тел. Сила давления жидкости на плоскую стенку произвольной формы. Сила давления жидкости на криволинейную стенку. Закон Архимеда. Плавание тел. Равновесие газа в поле силы тяжести
Тема 3	Основные понятия и определения кинематики жидкости и газа. Установившееся и неустановившееся движения жидкости. Уравнение неразрывности. Линии тока и траектории. Струйная модель потока. Уравнение неразрывности для струйки. Расход потока и средняя скорость. Анализ движения жидкой частицы. Кинематика вихревого движения. Интенсивность вихря. Циркуляция скорости. Теорема Стокса. Потенциальное движение жидкости.
Тема 4	Уравнение движения в напряжениях. Уравнения движения идеальной жидкости. Интегрирование уравнения движения для установившегося течения. Упрощенный вывод уравнения Бернулли. Энергетический смысл уравнения Бернулли. Уравнение Бернулли в форме напоров. Гидродинамика вязкой жидкости. Модель вязкой жидкости. Уравнение движения вязкой жидкости – уравнение Навье-Стокса. Уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости. Физический смысл коэффициента Кориолиса. Уравнение Бернулли для газов
Тема 5	Закономерности ламинарного режима течения в круглых трубах. Основные закономерности турбулентного движения. Потери давления (напора) при турбулентном течении в трубах. Опытные данные о коэффициенте гидравлического трения
Тема 6	Инспекционный анализ дифференциальных уравнений. Понятие об автоточности. Анализ размерностей
Тема 7	Местные гидравлические сопротивления. взаимное влияние местных сопротивлений. Истечение жидкости и газа через отверстия и насадки. Истечение жидкости при постоянном напоре. Истечение жидкости из резервуара при переменном напоре. Истечение газа из объема через отверстие

Тема 8	Классификация трубопроводов. Расчет простого трубопровода. Расчет сложного трубопровода. Расчет трубопроводов при движении газов. Работа нагнетателя в сети. Прямой гидравлический удар в трубах
Тема 9	Скорость распространения малых возмущений в газовых потоках. Параметры торможения. Критическая скорость. Критические параметры. Газодинамические функции. Закон обращения воздействия. Геометрическое сопло. Струйные течения. Общие свойства струй. Структура свободной струи.
Тема 10	Возникновение скачков уплотнений. Прямой скачок уплотнений. Косые скачки уплотнения. Скачки конденсации. Основные физические представления о пограничном слое. Толщина пограничного слоя и толщина вытеснения. Переход ламинарного пограничного слоя в турбулентный. Структура турбулентного пограничного слоя. Отрыв пограничного слоя.

Тематическое планирование (заочное обучение)

Номер темы/раздела	Наименование темы/раздела	Всего часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
	Всего	171	8	2	6	155
Раздел 1	Общая гидродинамика	74	6	2	2	64
Тема 1	Свойства жидкостей и газов	18		2		16
Тема 2	Гидростатика	18	2			16
Тема 3	Кинематика	18	2			16
Тема 4	Гидродинамика	20	2		2	16
Раздел 2	Прикладная гидродинамика	65	2		2	61
Тема 5	Режимы течения	16	2			14
Тема 6	Основы теории подобия и моделирования	16				16
Тема 7	Местные гидравлические сопротивления	18			2	16
Тема 8	Расчет трубопроводных систем	15				15
Раздел 3	Газодинамика	32			2	30
Тема 9	Одномерные течения идеального газа	18			2	16
Тема 10	Скачки уплотнений. Пограничный слой	14				14

На промежуточную аттестацию отводится 9 часов.

Содержание дисциплины (заочное обучение)

Номер темы	Содержание темы
Тема 1	Введение. Основные понятия и определения. Параметры потока. Свойства жидкостей, газов и паров. Основные термодинамические соотношения. Классификация сил. Массовые силы. Поверхностные силы.

Тема 2	Уравнение равновесия жидкости. Основное уравнение гидростатики в дифференциальной форме. Эквипотенциальные поверхности и поверхности равного давления. Гидростатический закон распределения давления. Равновесие несжимаемой жидкости в сообщающихся сосудах. Измерение давления. Определение силы давления жидкости на поверхности тел. Сила давления жидкости на плоскую стенку произвольной формы. Сила давления жидкости на криволинейную стенку. Закон Архимеда. Плавание тел. Равновесие газа в поле силы тяжести
Тема 3	Основные понятия и определения кинематики жидкости и газа. Установившееся и неустановившееся движения жидкости. Уравнение неразрывности. Линии тока и траектории. Струйная модель потока. Уравнение неразрывности для струйки. Расход потока и средняя скорость. Анализ движения жидкой частицы. Кинематика вихревого движения. Интенсивность вихря. Циркуляция скорости. Теорема Стокса. Потенциальное движение жидкости.
Тема 4	Уравнение движения в напряжениях. Уравнения движения идеальной жидкости. Интегрирование уравнения движения для установившегося течения. Упрощенный вывод уравнения Бернулли. Энергетический смысл уравнения Бернулли. Уравнение Бернулли в форме напоров. Гидродинамика вязкой жидкости. Модель вязкой жидкости. Уравнение движения вязкой жидкости – уравнение Навье-Стокса. Уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости. Физический смысл коэффициента Кориолиса. Уравнение Бернулли для газов
Тема 5	Закономерности ламинарного режима течения в круглых трубах. Основные закономерности турбулентного движения. Потери давления (напора) при турбулентном течении в трубах. Опытные данные о коэффициенте гидравлического трения
Тема 6	Инспекционный анализ дифференциальных уравнений. Понятие об автомодельности. Анализ размерностей
Тема 7	Местные гидравлические сопротивления. взаимное влияние местных сопротивлений. Истечение жидкости и газа через отверстия и насадки. Истечение жидкости при постоянном напоре. Истечение жидкости из резервуара при переменном напоре. Истечение газа из объема через отверстие
Тема 8	Классификация трубопроводов. Расчет простого трубопровода. Расчет сложного трубопровода. Расчет трубопроводов при движении газов. Работа нагнетателя в сети. Прямой гидравлический удар в трубах
Тема 9	Скорость распространения малых возмущений в газовых потоках. Параметры торможения. Критическая скорость. Критические параметры. Газодинамические функции. Закон обращения воздействия. Геометрическое сопло. Струйные течения. Общие свойства струй. Структура свободной струи.
Тема 10	Возникновение скачков уплотнений. Прямой скачок уплотнений. Косые скачки уплотнения. Скачки конденсации. Основные физические представления о пограничном слое. Толщина пограничного слоя и толщина вытеснения. Переход ламинарного пограничного слоя в турбулентный. Структура турбулентного пограничного слоя. Отрыв пограничного слоя.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Литература для самостоятельной работы студентов

1. Гидрогазодинамика [Электронный ресурс]: курс лекций в формате презентации для студентов, обучающихся по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" очной и заочной форм обучения, сост. Лекомцев П. Л., Дресвянникова Е. В. - Ижевск: , 2017. - 521 с. - Режим доступа: <http://portal.udsau.ru/index.php?q=docs&download=1&id=22780>

2. Гидрогазодинамика [Электронный ресурс]: практикум для студентов, обучающихся по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника», очной и заочной форм обучения, сост. Лекомцев П. Л., Дресвянникова Е. В. - Ижевск: , 2013. - 48 с. - Режим доступа: <http://portal.udsau.ru/index.php?q=docs&download=1&parent=12771&id=13309>

Вопросы и задания для самостоятельной работы (очная форма обучения)

Пятый семестр (113 ч.)

Вид СРС: Работа с рекомендуемой литературы (93 ч.)

Самостоятельное изучение вопроса, согласно рекомендуемой преподавателем основной и дополнительной литературы.

Вид СРС: Расчетно-графические работы (выполнение) (20 ч.)

Средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения задач или заданий по модулю или дисциплине в целом.

Вопросы и задания для самостоятельной работы (заочная форма обучения)

Всего часов самостоятельной работы (155 ч.)

Вид СРС: Работа с рекомендуемой литературы (125 ч.)

Самостоятельное изучение вопроса, согласно рекомендуемой преподавателем основной и дополнительной литературы.

Вид СРС: Контрольная работа (выполнение) (30 ч.)

Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

7. Тематика курсовых работ(проектов)

Курсовые работы (проекты) по дисциплине не предусмотрены.

8. Фонд оценочных средств для текущего контроля и промежуточной аттестации

8.1. Компетенции и этапы формирования

Коды компетенций	Этапы формирования		
	Курс, семестр	Форма контроля	Разделы дисциплины
ОПК-2	3 курс, Пятый семестр	Экзамен	Раздел 1: Общая гидродинамика.
ОПК-2	3 курс, Пятый семестр	Экзамен	Раздел 2: Прикладная гидродинамика.
ОПК-2	3 курс, Пятый семестр	Экзамен	Раздел 3: Газодинамика.

8.2. Показатели и критерии оценивания компетенций, шкалы оценивания

В рамках изучаемой дисциплины студент демонстрирует уровни овладения компетенциями:

Повышенный уровень:

Достигнутый уровень оценки результатов обучения является основой для формирования компетенций, соответствующих требованиям ФГОС. Обучающиеся способны использовать сведения из различных источников для успешного исследования и поиска решения в нестандартных практико-ориентированных ситуациях.

Базовый уровень:

Обучающиеся продемонстрировали результаты на уровне осознанного владения знаниями, умениями, навыками. Обучающиеся способны анализировать, проводить сравнение и обоснование выбора методов решения заданий в практико-ориентированных ситуациях.

Пороговый уровень:

Достигнутый уровень оценки результатов обучения показывает, что обучающиеся обладают необходимой системой знаний и владеют некоторыми умениями по дисциплине. Обучающиеся способны понимать и интерпретировать освоенную информацию, что является основой успешного формирования умений и навыков для решения практико-ориентированных задач.

Уровень ниже порогового:

Результаты обучения свидетельствуют об усвоении ими некоторых элементарных знаний основных вопросов по дисциплине. Допущенные ошибки и неточности показывают, что студенты не овладели необходимой системой знаний по дисциплине.

Уровень сформированности компетенции	Шкала оценивания для промежуточной аттестации	
	Экзамен (дифференцированный зачет)	Зачет
Повышенный	5 (отлично)	зачтено
Базовый	4 (хорошо)	зачтено
Пороговый	3 (удовлетворительно)	зачтено
Ниже порогового	2 (неудовлетворительно)	не зачтено

Критерии оценки знаний студентов по дисциплине

Оценка Отлично:

Полнота знаний: уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.

Наличие умений: продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.

Наличие навыков (владение опытом): продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.

Характеристика сформированности компетенций:

- сформированность компетенции полностью соответствует требованиям;
- имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в полной мере достаточно для решения сложных практических (профессиональных) задач.

Уровень сформированности компетенций: высокий.

Оценка Хорошо:

Полнота знаний: уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, допущено несколько негрубых ошибок.

Наличие умений: продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, некоторые с недочетами.

Наличие навыков (владение опытом): продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.

Характеристика сформированности компетенций:

- сформированность компетенции в целом соответствует требованиям;
- имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных практических (профессиональных) задач.

Уровень сформированности компетенций: средний.

Оценка Удовлетворительно:

Полнота знаний: минимально допустимый уровень знаний, допущено много негрубых ошибок.

Наличие умений: продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме.

Наличие навыков (владение опытом): имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.

Характеристика сформированности компетенций:

- сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям;
- имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по большинству практических задач.

Уровень сформированности компетенций: ниже среднего.

Оценка Неудовлетворительно:

Полнота знаний: уровень знаний ниже минимальных требований, имели место грубые ошибки.

Наличие умений: при решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имели место грубые ошибки.

Наличие навыков (владение опытом): при решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имели место грубые ошибки.

Характеристика сформированности компетенций:

- компетенция в полной мере не сформирована;
- имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач.

Уровень сформированности компетенций: низкий.

8.3. Типовые вопросы, задания текущего контроля

Раздел 1: Общая гидродинамика

ОПК-2 Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

1. Дифференциальные характеристики поля, используемые в гидрогазодинамике.
2. Основные интегральные соотношения теории поля, используемые в гидрогазодинамике.
3. Основные физические свойства жидкостей и газов.
4. Классификация сил, действующих на жидкость
5. Свойства гидростатического давления.
6. Гидростатический парадокс.
7. Струйная модель жидкости. Линии тока и траектории.
8. Вихревое движения жидкости. Интенсивность вихря.
9. Уравнение неразрывности (сплошности).
10. Трубка Прандтля. Трубка Вентури. Сопло. Диафрагма.
11. Плавание тел. Закон Архимеда.

12. Уравнение вязкой жидкости – уравнение Навье-Стокса.
13. Уравнение равновесия жидкости - уравнения Эйлера
14. Поверхности равного давления.
15. Виды равновесия жидкости.
16. Основное уравнение гидростатики, закон Паскаля.
17. Давление на плоскую поверхность.
18. Давление на криволинейную поверхность.
19. Уравнение движения в напряжениях.
20. Уравнение движения идеальной жидкости.
21. Уравнение Бернулли для струйки идеальной жидкости.
22. Геометрическая интерпретация уравнения Бернулли.
23. Энергетическая интерпретация уравнения Бернулли.
24. Уравнение Бернулли для потока идеальной жидкости.
25. Уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости.
26. Практическое применение уравнений Бернулли.
27. Вертикальный цилиндрический резервуар диаметром $D = 2$ м наполнен жидкостью до высоты $H = 2$ м. Вес жидкости в резервуаре $G = 46,3$ кН. Определить удельный вес g и плотность жидкости ρ .
28. Кинематическая вязкость нефти $\nu = 0,4 \times 10^{-2}$ кв.м/с при температуре $t = 15$ °С и удельный вес ее $g = 8820$ Н/м³. Определить динамическую вязкость нефти.
29. Определить кинематическую и динамическую вязкость воды при температуре 50 °С (давление $p = 100\,000$ Па).
30. Давление, действующее на свободную поверхность воды в сосуде, составляет $P_0 = 150$ кН/м². Определить абсолютное и избыточное (манометрическое) давление в точке, находящейся на глубине $h = 1,8$ м. Найти пьезометрическую высоту h этой точки. Атмосферное давление $P_{атм} = 98$ кПа,
31. Точка А заглублена под горизонтом воды в сосуде на величину $h = 2,5$ м, пьезометрическая (вакуумметрическая) высота для этой точки $h_{вак} = 1,5$ м.. Определить для точки А величину абсолютного давления, а также величину P_0 . Атмосферное давление $P_{атм} = 98$ кПа.
32. Проверить устойчивость подпорной стенки на сдвиг, если глубина воды перед стенкой $h = 1,5$ м, плотность воды $\rho_0 = 1000$ кг/м³, плотность кладки стенки $\rho_k = 2000$ кг/м³, высота стенки $H = 2,0$ м, ширина стенки $b = 1,0$ м, длина $l = 6$ м. Коэффициент трения кладки стенки о грунт $f = 0,4$.
33. Резервуар, представляющий собой квадратную призму, со сторонами основания $a = 4$ м и высотой $H = 5$ м, заполненный бензином, погружен в воду. Определить давление на дно резервуара p и глубину погружения h , если плотность бензина $\rho_0 = 880$ кг/м³, плотность воды $\rho_в = 1000$ кг/м³.
34. Определить максимальную грузоподъемность баржи шириной $b = 5$ м и длиной $l = 20$ м, если допустимая глубина погружения баржи $h = 1,5$ м и собственный вес баржи $G_0 = 250$ кН.
35. Дифференциальные характеристики поля, используемые в гидрогазодинамике.

Раздел 2: Прикладная гидродинамика

ОПК-2 Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

1. Режимы течения жидкости.
2. Физический смысл числа Рейнольдса.
3. Кривые Никурадзе И.И.
4. Гидравлический удар в трубопроводах.
5. Основные понятия теории подобия.

6. Физический смысл критериев подобия.
7. Ламинарное течение в круглых трубах.
8. Потери давления (напора) при турбулентном течении в трубах.
9. Местные гидравлические сопротивления.
10. Истечение жидкости из отверстий.
11. Истечение жидкости из насадок.
12. Скорость распространения гидравлической ударной волны.
13. Теоремы подобия. Критерии подобия.
14. Анализ размерностей.
15. Определить число Рейнольдса и режим движения воды в водопроводной трубе диаметром $d = 200$ мм, если протекающий по ней расход $Q = 45$ л/с. Температура воды 8 град С ($\nu = 1,39 \times 10^{-6}$ м²/с).
16. Как изменится число Рейнольдса при изменении диаметра трубопровода и сохранении постоянства расхода $Q = \text{const}$.
17. Определить потерю напора на внезапное расширение трубопровода $h_{\text{вн.р}}$, если известны показания пьезометров $P_1/g = 16$ см и $P_2/g = 30$ см, диаметр трубы $d_1 = 20$ мм и $d_2 = 50$ мм, расход $Q = 1$ л/с.
18. Определить диаметр d трубопровода, по которому подается жидкость с расходом Q , из условия получения в нем максимально возможной скорости при сохранении ламинарного режима при следующих исходных данных: $\nu = 1 \times 10^{-6}$ м.кв/с, $Q = 0,01$ м.куб/с
19. По трубопроводу диаметром d и длиной l движется жидкость (вода, $\nu = 1,39 \times 10^{-6}$ м.кв/с). Определить потерю напора h , при которой происходит смена ламинарного режима течения на турбулентный. Исходные данные: $d = 0,01$ м; $l = 50$ м.
20. При внезапном расширении трубопровода скорость жидкости в трубе большего диаметра равна v_2 . Большой и малый диаметры трубы соответственно равны D и d , причем $D/d = 2$. Определить разность показаний пьезометров h . Исходные данные: $v_2 = 0,2$ м/с; $D = 0,2$ м; $d = 0,1$ м.

Раздел 3: Газодинамика

ОПК-2 Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

1. Уравнение Бернулли для газов.
2. Трубка Пито-Прандля.
3. Струйные течения газа. Общие свойства струй.
4. Структура свободной струи.
5. Скорость звука в идеальном газе
6. Число Маха. Коэффициент скорости.
7. Геометрическое сопло.
8. Ламинарный пограничный слой.
9. Турбулентный пограничный слой.
10. Основные расчетные соотношения для свободных затопленных струй.
11. Расчет параметров свободной струи
12. Расчет параметров геометрического сопла
13. Критическая скорость. Критические параметры.
14. Закон обращения воздействия.
15. Возникновение скачков уплотнений.
16. Возникновение тепловых скачков.
17. Определить естественную тягу вентиляционной шахты высотой $h = 10$ м, если температура воздуха в помещении $t_{\text{в}}$, °С, а снаружи $t_{\text{н}}$, С.

18. Определить потери давления в вентиляционной шахте сечением 140x140 мм, высотой h , м, при скорости движения воздуха в ней $V = 1$ м/с, если сопротивление на входе в шахту $S_{вх} = 0,5$, а на выходе из неё $S_{вых} = 1$. Коэффициент гидравлического трения стенок шахты 0.2.

19. Определить, с какой силой действует ветер на щит размером 2x2 м. Скорость ветра равна V , м/с, коэффициент ветрового давления $k_v = 1$, а температура воздуха составляет -40 °С.

20. В какой части сопла Лаваля изменение площади поперечного сечения больше влияет на скорость газа: вблизи критического или вблизи выходного сечения

21. Найти диаметр выходного сечения конфузрного сопла, обеспечивающего массовый расход 1,5 кг/с при давлении торможения 106 Па, температуре торможения 300 К, давлении во внешней среде 105 Па.

8.4. Вопросы промежуточной аттестации

Пятый семестр (Экзамен, ОПК-2)

1. Дифференциальные характеристики поля, используемые в гидрогазодинамике.
2. Основные физические свойства жидкостей и газов.
3. Классификация сил, действующих на жидкость.
4. Уравнение равновесия жидкости - уравнения Эйлера.
5. Поверхности равного давления.
6. Виды равновесия жидкости.
7. Основное уравнение гидростатики, закон Паскаля.
8. Свойства гидростатического давления.
9. Давление на плоскую поверхность.
10. Давление на криволинейную поверхность.
11. Гидростатический парадокс.
12. Плавание тел. Закон Архимеда.
13. Уравнение неразрывности (сплошности).
14. Струйная модель жидкости. Линии тока и траектории.
15. Вихревое движения жидкости. Интенсивность вихря.
16. Уравнение движения в напряжениях.
17. Уравнение движения идеальной жидкости.
18. Уравнение Бернулли для струйки идеальной жидкости.
19. Геометрическая интерпретация уравнения Бернулли.
20. Энергетическая интерпретация уравнения Бернулли.
21. Уравнение Бернулли для потока идеальной жидкости.
22. Уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости.
23. Практическое применение уравнений Бернулли.
24. Трубка Прандля. Трубка Вентури. Сопло. Диафрагма.
25. Уравнение вязкой жидкости – уравнение Навье-Стокса.
26. Режимы течения жидкости.
27. Физический смысл числа Рейнольдса.
28. Ламинарное течение в круглых трубах.
29. Потери давления (напора) при турбулентном течении в трубах.
30. Местные гидравлические сопротивления.
31. Истечение жидкости из отверстий.
32. Истечение жидкости из насадок.
33. Гидравлический удар в трубопроводах.
34. Скорость распространения гидравлической ударной волны.
35. Уравнение Бернулли для газов.
36. Трубка Пито-Прандля.

37. Струйные течения газа. Общие свойства струй. Структура свободной струи
38. Скорость звука в идеальном газе.
39. Критическая скорость. Критические параметры.
40. Число Маха. Коэффициент скорости.
41. Закон обращения воздействия.
42. Геометрическое сопло.
43. Основные понятия теории подобия.
44. Теоремы подобия. Критерии подобия.
45. Физический смысл критериев подобия.
46. Анализ размерностей.
47. Возникновение скачков уплотнений.
48. Возникновение тепловых скачков.
49. Ламинарный пограничный слой.
50. Турбулентный пограничный слой.

8.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Контроль знаний студентов по дисциплине проводится в устной и письменной форме, предусматривает текущий и промежуточный контроль. Методы контроля: - тестовая форма контроля; - устная форма контроля – опрос и общение с аудиторией по поставленной задаче в устной форме; - решение определенных заданий (задач) по теме практического материала в конце практического занятия, в целях эффективности усвояемости материала на практике. - поощрение индивидуальных заданий, в которых студент проработал самостоятельно большое количество дополнительных источников литературы. Текущий контроль предусматривает устную форму опроса студентов и письменный экспресс-опрос по окончании изучения каждой темы.

9. Перечень учебной литературы

1. Газодинамика [Электронный ресурс]: курс лекций в формате презентации для студентов, обучающихся по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" очной и заочной форм обучения, сост. Лекомцев П. Л., Дресвянникова Е. В. - Ижевск: , 2017. - 521 с. - Режим доступа: <http://portal.udsau.ru/index.php?q=docs&download=1&id=22780>
2. Газодинамика [Электронный ресурс]: практикум для студентов, обучающихся по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника», очной и заочной форм обучения, сост. Лекомцев П. Л., Дресвянникова Е. В. - Ижевск: , 2013. - 48 с. - Режим доступа: <http://portal.udsau.ru/index.php?q=docs&download=1&parent=12771&id=13309>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет

1. <http://elib.udsau.ru/> - библиотека электронных учебных пособий Удмуртского ГАУ
2. <http://portal.udsau.ru> - Интернет-портал Удмуртского ГАУ
3. <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека E-library
4. <http://lib.rucont.ru> - Электронная библиотечная система
5. <https://flowvision.ru/ru/> - Моделирование задач газо-гидродинамики FlowVision

11. Методические указания обучающимся по освоению дисциплины (модуля)

Перед изучением дисциплины студенту необходимо ознакомиться с рабочей программой дисциплины, изучить перечень рекомендуемой литературы, приведенной в рабочей программе дисциплины. Для эффективного освоения дисциплины рекомендуется посещать все виды занятий в соответствии с расписанием и выполнять все домашние задания в установленные преподавателем сроки. В случае пропуска занятий по уважительным причинам, необходимо получить у преподавателя индивидуальное задание по пропущенной теме. Полученные знания и умения в процессе освоения дисциплины студенту рекомендуется применять для решения задач, не обязательно связанных с программой дисциплины. Владение компетенциями дисциплины в полной мере будет подтверждаться Вашим умением ставить конкретные задачи, выявлять существующие проблемы, решать их и принимать на основе полученных результатов оптимальные решения. Основными видами учебных занятий для студентов по учебной дисциплине являются: занятия лекционного типа, занятия семинарского типа и самостоятельная работа студентов.

Формы работы	Методические указания для обучающихся
Лекционные занятия	<p>Работа на лекции является очень важным видом деятельности для изучения дисциплины, т.к. на лекции происходит не только сообщение новых знаний, но и систематизация и обобщение накопленных знаний, формирование на их основе идейных взглядов, убеждений, мировоззрения, развитие познавательных и профессиональных интересов.</p> <p>Краткие записи лекций (конспектирование) помогает усвоить материал. Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Конспект лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Принципиальные места, определения, формулы следует сопровождать замечаниями: «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п. Прослушивание и запись лекции можно производить при помощи современных устройств (диктофон, ноутбук, нетбук и т.п.).</p> <p>Работая над конспектом лекций, всегда следует использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор, в том числе нормативно-правовые акты соответствующей направленности. По результатам работы с конспектом лекции следует обозначить вопросы, термины, материал, который вызывают трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на занятии семинарского типа.</p> <p>Лекционный материал является базовым, с которого необходимо начать освоение соответствующего раздела или темы.</p>
Лабораторные занятия	<p>При подготовке к занятиям и выполнении заданий студентам следует использовать литературу из рекомендованного списка, а также руководствоваться указаниями и рекомендациями преподавателя.</p> <p>Перед каждым занятием студент изучает план занятия с перечнем тем и вопросов, списком литературы и домашним заданием по вынесенному на занятие материалу.</p> <p>Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к занятию и выполнению домашних заданий:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проработать конспект лекций; - проанализировать литературу, рекомендованную по изучаемому разделу (модулю); - изучить решения типовых задач (при наличии);

	<ul style="list-style-type: none"> - решить заданные домашние задания; - при затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю. <p>В конце каждого занятия типа студенты получают «домашнее задание» для закрепления пройденного материала. Домашние задания необходимо выполнять к каждому занятию. Сложные вопросы можно вынести на обсуждение на занятии семинарского типа или на индивидуальные консультации.</p>
Самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа студентов является составной частью их учебной работы и имеет целью закрепление и углубление полученных знаний, умений и навыков, поиск и приобретение новых знаний.</p> <p>Самостоятельная работа студентов включает в себя освоение теоретического материала на основе лекций, рекомендуемой литературы; подготовку к занятиям семинарского типа в индивидуальном и групповом режиме. Советы по самостоятельной работе с точки зрения использования литературы, времени, глубины проработки темы и др., а также контроль за деятельностью студента осуществляется во время занятий.</p> <p>Целью преподавателя является стимулирование самостоятельного, углублённого изучения материала курса, хорошо структурированное, последовательное изложение теории на занятиях лекционного типа, отработка навыков решения задач и системного анализа ситуаций на занятиях семинарского типа, контроль знаний студентов.</p> <p>Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь на текущей консультации или на ближайшей лекции за помощью к преподавателю.</p> <p>Помимо самостоятельного изучения материалов по темам к самостоятельной работе обучающихся относится подготовка к практическим занятиям, по результатам которой представляется отчет преподавателю и проходит собеседование.</p> <p>При самостоятельной подготовке к практическому занятию обучающийся:</p> <ul style="list-style-type: none"> - организует свою деятельность в соответствии с методическим руководством по выполнению практических работ; - изучает информационные материалы; - подготавливает и оформляет материалы практических работ в соответствии с требованиями. <p>В результате выполнения видов самостоятельной работы происходит формирование компетенций, указанных в рабочей программы дисциплины (модуля).</p>
Практические занятия	<p>Формы организации практических занятий определяются в соответствии со специфическими особенностями учебной дисциплины и целями обучения. Ими могут быть: выполнение упражнений, решение типовых задач, решение ситуационных задач, занятия по моделированию реальных условий, деловые игры, игровое проектирование, имитационные занятия, выездные занятия в организации (предприятия), занятия-конкурсы и т.д. При устном выступлении по контрольным вопросам семинарского занятия студент должен излагать (не читать) материал выступления свободно.</p> <p>Необходимо концентрировать свое внимание на том, что выступление должно быть обращено к аудитории, а не к преподавателю, т.к. это значимый аспект формируемых компетенций.</p>

	<p>По окончании семинарского занятия обучающемуся следует повторить выводы, полученные на семинаре, проследив логику их построения, отметив положения, лежащие в их основе. Для этого обучающемуся в течение семинара следует делать пометки. Более того, в случае неточностей и (или) непонимания какого-либо вопроса пройденного материала обучающемуся следует обратиться к преподавателю для получения необходимой консультации и разъяснения возникшей ситуации.</p> <p>При подготовке к занятиям студентам следует использовать литературу из рекомендованного списка, а также руководствоваться указаниями и рекомендациями преподавателя.</p> <p>Перед каждым занятием студент изучает план занятия с перечнем тем и вопросов, списком литературы и домашним заданием по вынесенному на занятие материалу.</p> <p>Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к занятию и выполнению домашних заданий:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проработать конспект лекций; - проанализировать литературу, рекомендованную по изучаемому разделу (модулю); - изучить решения типовых задач (при наличии); - решить заданные домашние задания; - при затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю. <p>В конце каждого занятия студенты получают «домашнее задание» для закрепления пройденного материала. Домашние задания необходимо выполнять к каждому занятию. Сложные вопросы можно вынести на обсуждение на занятии или на индивидуальные консультации.</p>
--	---

Описание возможностей изучения дисциплины лицами с ОВЗ и инвалидами

Обучающимся с ограниченными возможностями здоровья предоставляются специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы, специальные технические средства обучения коллективного и индивидуального пользования, услуги ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Освоение дисциплины (модуля) обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано совместно с другими обучающимися, а так же в отдельных группах.

Освоение дисциплины (модуля) обучающимися с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

В целях доступности получения высшего образования по образовательной программе лицами с ограниченными возможностями здоровья при освоении дисциплины (модуля) обеспечивается:

1) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:

- присутствие ассистента, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе, записывая под диктовку),
- письменные задания, а также инструкции о порядке их выполнения оформляются увеличенным шрифтом,
- специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы (имеющие крупный шрифт или аудиофайлы),
- индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс,
- при необходимости студенту для выполнения задания предоставляется увеличивающее устройство;

2) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:

- присутствие ассистента, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе, записывая под диктовку),
 - обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающемуся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
 - обеспечивается надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;
- 3) для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата (в том числе с тяжелыми нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей):
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;
 - по желанию обучающегося задания могут выполняться в устной форме.

12. Перечень информационных технологий

Информационные технологии реализации дисциплины включают

12.1 Программное обеспечение

1. Операционная система: Microsoft Windows 10 Professional. По подписке для учебного процесса. Последняя доступная версия программы. Astra Linux Common Edition. Договор №173-ГК/19 от 12.11.2019 г.
2. Базовый пакет программ Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint). Microsoft Office Standard 2016. Бессрочная лицензия. Договор №79-ГК/16 от 11.05.2016. Microsoft Office Standard 2013. Бессрочная лицензия. Договор №0313100010014000038-0010456-01 от 11.08.2014. Microsoft Office Standard 2013. Бессрочная лицензия. Договор №26 от 19.12.2013. Microsoft Office Professional Plus 2010. Бессрочная лицензия. Договор №106-ГК от 21.11.2011. Р7-Офис. Договор №173-ГК/19 от 12.11.2019 г.

12.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Информационно-справочная система (справочно-правовая система) «Консультант плюс». Соглашение № ИКП2016/ЛСВ 003 от 11.01.2016 для использования в учебных целях бессрочное. Обновляется регулярно. Лицензия на все компьютеры, используемые в учебном процессе.
2. Профессиональные базы данных на платформе 1С: Предприятие с доступными конфигурациями (1С: ERP Агропромышленный комплекс 2, 1С: ERP Энергетика, 1С: Бухгалтерия молокозавода, 1С: Бухгалтерия птицефабрики, 1С: Бухгалтерия элеватора и комбикормового завода, 1С: Общепит, 1С: Ресторан. Фронт-офис). Лицензионный договор № Н8775 от 17.11.2020 г.

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Оснащение аудиторий

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории
2. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (практических занятий). Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью, компьютерами с необходимым программным обеспечением, выходом в «Интернет» и корпоративную сеть университета

3. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (лабораторных занятий). Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью, Лабораторные стенды
4. Помещение для самостоятельной работы. Помещение оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.
5. Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.