

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»



Декан факультета Бурковский А.В.

«31» августа 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Гидрогазодинамика»

Направление подготовки 13.03.01 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И
ТЕПЛОТЕХНИКА

Профиль Промышленная теплоэнергетика

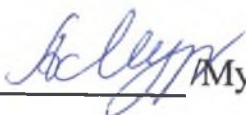
Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 5 лет

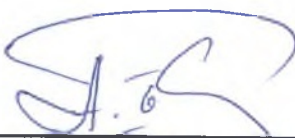
Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2016

Автор программы

 /Муравьев А.В./

Заведующий кафедрой
Теоретической и
промышленной
теплоэнергетики

 /Бараков А.В./

Руководитель ОПОП

 /Кожухов Н.Н./

Воронеж 2017

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины ознакомление студентов с основными законами протекания гидромеханических и газодинамических процессов, а также методами теоретического и экспериментального анализа этих процессов в различных энергетических установках.

1.2. Задачи освоения дисциплины ознакомление студентов со способами переноса массы;

овладение закономерностями основных процессов переноса массы;

изучение основных и специальных уравнений механики жидкости и газа путем распространения фундаментальных законов механики (законы сохранения вещества, принципа сохранения механической энергии и первого начала термодинамики второго закона Ньютона) на движущуюся жидкость;

освоение фундаментальных понятий и определений механики жидкости: классификация течений жидкости; пограничный слой; турбулентные течения;

изучение основных газодинамических процессов;

развитие способности обучаемых к физическому и математическому моделированию процессов переноса массы, протекающих в реальных физических объектах, в частности – установках энергетики и промышленности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Гидрогазодинамика» относится к дисциплинам базовой части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Гидрогазодинамика» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-2 - способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-2	Знать основы базовых дисциплин различные направления отдельных видов учебных занятий их научные, основы моделирования в экспериментальных исследований

	Уметь производить расчет с использованием математического моделирования в различных областях исследования
	Владеть математическим моделированием при расчете сложных задач в различных областях исследования

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Гидрогазодинамика» составляет 4 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		2
Аудиторные занятия (всего)	54	54
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа	90	90
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	144	144
зач.ед.	4	4

заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
Аудиторные занятия (всего)	24	24
В том числе:		
Лекции	8	8
Практические занятия (ПЗ)	6	6
Лабораторные работы (ЛР)	10	10
Самостоятельная работа	116	116
Контрольная работа	+	+
Часы на контроль	4	4
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	0	144
зач.ед.	4	4

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение. Физико-механические основы гидрогазодинамики	Предмет науки. Разделение механики жидкостей и газов. Некоторые сведения из истории развития гидромеханики. Содержание курса и роль гидрогазодинамики в подготовке инженеров-протеплоэнергетиков. Предмет науки. Разделение механики жидкостей и газов. Некоторые сведения из истории развития гидромеханики. Содержание курса и роль гидрогазодинамики в подготовке инженеров-протеплоэнергетиков. Гидромеханическое представление о жидкости как сплошной и легкоподвижной среде. Газ как сжимаемая жидкость. Плотность и удельный объем; их зависимость от температуры и давления для капельных жидкостей и газов. Жидкости однородные и неоднородные. Вязкость жидкостей и газов. Молекулярная природа вязкости. Закон вязкого трения Ньютона. Коэффициенты и единицы измерения вязкости. Зависимость вязкости от температуры и давления. Силы, действующие в жидкости: массовые и поверхностные. Вязкость жидкостных и газовых смесей; Способы измерения давления; Расчет поплавковых устройств. Определение вязкости жидкости (визкозиметр Энглера);	4	2	4	14	24
2	Основы гидростатики. Основные уравнения и теоремы динамики жидкости и газа	Напряжения в покоящейся жидкости. Гидростатическое давление. Дифференциальные уравнения Эйлера и его интегрирование для случаев сжимаемой и несжимаемой жидкостей. Полный дифференциал гидростатического давления. Барометрическая формула и основная формула гидростатики. Понятие о напоре. Силы давления на плоские и криволинейные поверхности. Эпюры гидростатического давления. "Котельная" формула. Плавание тел. Закон Архимеда. Случай относительного покоя жидкостей. Основные определения. Общий характер движения жидких частиц по данным наблюдений. Местная скорость. Установившееся движение. Два режима движения. Распределение скорости по сечению. Число Рейнольдса и его критические значения. Методы аналитического исследования потоков. Поле скоростей, линии и трубки тока. Ускорение жидкой частицы в переменных Эйлера. Уравнение неразрывности в дифференциальной и гидравлической формах. Пульсация скорости в турбулентном потоке. Усреднение скорости по времени и по поверхности; Уравнение	4	2	4	14	24

		неразрывности в криволинейных ортогональных координатах; Понятие о дозвуковых и сверхзвуковых диффузорах. Экспериментальная иллюстрация уравнения Бернулли. Построение напорной и пьезометрической линии					
3	Основные разделы гидродинамики	Дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости (Эйлера). Интегралы уравнений Эйлера. Обобщение уравнения Бернулли на поток конечных размеров. Геометрическая и энергетическая интерпретация уравнения Бернулли. Уравнение Бернулли для струйки вязкой жидкости. Приложения уравнения Бернулли. Структура общих формул для вычисления потерь. Истечения жидкости через отверстия и насадки. Общая форма уравнения количества движения жидкого объема. Силовое воздействие напорного потока. Уравнение моментов количества движения. Общая форма уравнений энергии для установившегося движения сжимаемой жидкости. Основные признаки и свойства одномерных течений. Плавно изменяющееся движение и закон распределения давления по сечению. Средняя скорость и расход. Природа потерь напора (энергии). Классификация гидравлических сопротивлений. Коэффициенты гидравлического трения и местного сопротивления. Опытные данные о коэффициенте гидравлического трения. Ламинарное течение в трубах. Формула Пуазейля. Начальный участок ламинарного течения. Элементы полуэмпирической теории турбулентного сопротивления. Гладкостенное течение: распределение скоростей и закон сопротивления. Квадратичный закон сопротивления. Начальный участок при турбулентном течении. Основные типы местных гидравлических сопротивлений. Потери на внезапное расширение и вход в трубу. Зависимость коэффициента местного сопротивления от числа Рейнольдса. Взаимное влияние местных сопротивлений. Течения в диффузорах. Способы улучшения работы диффузоров. Течение в криволинейных каналах. Сопротивление пучка труб. Одномерные течения идеального газа. Различные формы уравнения Бернулли для адиабатического течения идеального газа. Энтальпия газового потока. Скорости распространения звука и число М. Закономерность изменения параметров газа вдоль струйки. Уравнение Гюгонио. Условие непрерывного перехода через звуковое значение скорости. Критическая, максимальная скорости и параметры торможения. Безразмерные скорости газа. Основные газодинамические функции, их графическое представление и использование в таблицах. Истечение газа через сужающее сопло. Формула	4	2	4	14	24

		Сан-Венана-Венцеля. Закономерность изменения весового расхода газа. Критическое отношение давлений. Сопло Лавала и режимы его работы.. Методы моделирования. Определение коэффициента потерь на трение по длине трубопровода (прибор Бернулли),					
4	Одномерные течения идеальных газов. Ударные волны и скачки уплотнения	Типы трубопроводов. Основные задачи расчета трубопроводных систем. Аналитические и графические методы расчета, применение ЭВМ. Построение пьезометрических графиков. Всасывающие трубопроводы. Определение реакций фасонных частей трубопроводов. Распространение малых возмущений; линии и углы Маха. Обтекание малого угла. Обтекание конечного угла. Ударные волны в напорном потоке капельной жидкости. Явление гидравлического удара. Величина ударного давления. Скорость распространения ударной волны. Ударные волны и скачки уплотнения в потоке сжимаемого газа. Основные уравнения теории скачков. Уравнение ударной адиабаты, сравнение с адиабатой Пуассона. Степень сжатия газа в скачке. Рост энтропии в скачке и невозможность скачка разрежения. Изменение параметров газа при переходе через скачок. Методы управления пограничным слоем. Определение коэффициентов местных сопротивлений (прибор Бернулли).	2	4	2	16	24
5	Двумерные течения идеальной жидкости и газа.	Кинематический анализ составляющих движения жидкой частицы. Теорема Коши-Гельмгольца. Вихревое движение и основные характеристики поля вихрей. Свойства вихревых трубок. Понятие о циркуляции скорости. Теоремы о вихрях. Потенциальное течение жидкостей и газов. Понятие о потенциале скорости и его свойства. Метод наложения потенциальных потоков. Плоские течения жидкости. Функция тока и ее физический смысл. Гидродинамическая сетка, методы ее построения и использование для расчета поля скоростей. Плоский потенциальный поток несжимаемой жидкости. Обтекание кругового цилиндра. Циркуляция, эффект Магнуса и образование подъемной силы. Теорема Н.Е. Жуковского о подъемной силе. Отрывное обтекание тел по схеме Жуковского-Кирхгофа. Кавитация в жидкостях и образование каверн. Вязкая жидкость. Обобщенная гипотеза Ньютона о связи между напряжениями и скоростями деформации. Уравнения Навье-Стокса. Граничные условия. Турбулентные движения и общие уравнения усредненно-установившегося турбулентного потока (уравнение Рейнольдса). Основные гипотезы о турбулентных напряжениях. Современное представление о структуре турбулентного потока. Устойчивость ламинарного течения и возникновение	2	4	2	16	24

		турбулентности. Основные статические характеристики турбулентных течений. Понятие о подобии гидромеханических процессов. Общие теоремы подобия. Получение критериев подобия из дифференциальных уравнений гидрогазодинамики. Критерии подобия определяющие и определяемые. Критериальное уравнение. Законы подобия при движении газа с большими скоростями. Понятие об анализе размерностей. Понятие об автомодельности. Повтор пройденного материала. Определение гидростатического давления.					
6	Основы динамики вязкой жидкости	Пограничный слой. Основные физические представления о пограничном слое. Толщина пограничного слоя, условные толщины пограничного слоя. Интегральное соотношение (уравнение количества движения) для пограничного слоя. Расчет ламинарного пограничного слоя на пластине с помощью интегрального соотношения. Переход ламинарного слоя в турбулентный. Критическое число Рейнольдса и положение точки перехода на пластине. Влияние степени турбулентности внешнего потока на критическое число Рейнольдса. Расчет турбулентного пограничного слоя на пластине. Пограничный слой на искривленных поверхностях. Влияние продольного градиента давления и отрыв пограничного слоя. Определение точки отрыва. Особенности двухкомпонентных и двухфазных течений; течение жидкости при фазовом равновесии; тепловой скачок и скачок конденсации". Пористые среды. Основные понятия. Классификация. Получение. Использование. Основные закономерности. Повтор пройденного материала. Построение напорной и пьезометрической линии	2	4	2	16	24
Итого			18	18	18	90	144

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение. Физико-механические основы гидрогазодинамики	Предмет науки. Разделение механики жидкостей и газов. Некоторые сведения из истории развития гидромеханики. Содержание курса и роль гидрогазодинамики в подготовке инженеров-промтеплоэнергетиков. Предмет науки. Разделение механики жидкостей и газов. Некоторые сведения из истории развития гидромеханики. Содержание курса и роль гидрогазодинамики в подготовке инженеров-промтеплоэнергетиков. Гидромеханическое представление о жидкости как сплошной и легкоподвижной среде. Газ как сжимаемая жидкость. Плотность и удельный объем; их зависимость от температуры и давления для капельных	2	-	2	18	22

		жидкостей и газов. Жидкости однородные и неоднородные. Вязкость жидкостей и газов. Молекулярная природа вязкости. Закон вязкого трения Ньютона. Коэффициенты и единицы измерения вязкости. Зависимость вязкости от температуры и давления. Силы, действующие в жидкости: массовые и поверхностные. Вязкость жидкостных и газовых смесей; Способы измерения давления; Расчет поплавковых устройств. Определение вязкости жидкости (визкозиметр Энглера);					
2	Основы гидростатики. Основные уравнения и теоремы динамики жидкости и газа	Напряжения в покоящейся жидкости. Гидростатическое давление. Дифференциальные уравнения Эйлера и его интегрирование для случаев сжимаемой и несжимаемой жидкостей. Полный дифференциал гидростатического давления. Барометрическая формула и основная формула гидростатики. Понятие о напоре. Силы давления на плоские и криволинейные поверхности. Эпюры гидростатического давления. "Котельная" формула. Плавание тел. Закон Архимеда. Случаи относительного покоя жидкостей. Основные определения. Общий характер движения жидких частиц по данным наблюдений. Местная скорость. Установившееся движение. Два режима движения. Распределение скорости по сечению. Число Рейнольдса и его критические значения. Методы аналитического исследования потоков. Поле скоростей, линии и трубки тока. Ускорение жидкой частицы в переменных Эйлера. Уравнение неразрывности в дифференциальной и гидравлической формах. Пульсация скорости в турбулентном потоке. Усреднение скорости по времени и по поверхности; Уравнение неразрывности в криволинейных ортогональных координатах; Понятие о дозвуковых и сверхзвуковых диффузорах. Экспериментальная иллюстрация уравнения Бернулли. Построение напорной и пьезометрической линии	2	-	2	18	22
3	Основные разделы гидродинамики	Дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости (Эйлера). Интегралы уравнений Эйлера. Обобщение уравнения Бернулли на поток конечных размеров. Геометрическая и энергетическая интерпретация уравнения Бернулли. Уравнение Бернулли для струйки вязкой жидкости. Приложения уравнения Бернулли. Структура общих формул для вычисления потерь. Истечения жидкости через отверстия и насадки. Общая форма уравнения количества движения жидкого объема. Силовое воздействие напорного потока. Уравнение моментов количества движения. Общая форма уравнений энергии для установившегося движения сжимаемой жидкости. Основные признаки и свойства одномерных	2	-	2	20	24

		течений. Плавное изменяющееся движение и закон распределения давления по сечению. Средняя скорость и расход. Природа потерь напора (энергии). Классификация гидравлических сопротивлений. Коэффициенты гидравлического трения и местного сопротивления. Опытные данные о коэффициенте гидравлического трения. Ламинарное течение в трубах. Формула Пуазейля. Начальный участок ламинарного течения. Элементы полуэмпирической теории турбулентного сопротивления. Гладкостенное течение: распределение скоростей и закон сопротивления. Квадратичный закон сопротивления. Начальный участок при турбулентном течении. Основные типы местных гидравлических сопротивлений. Потери на внезапное расширение и вход в трубу. Зависимость коэффициента местного сопротивления от числа Рейнольдса. Взаимное влияние местных сопротивлений. Течения в диффузорах. Способы улучшения работы диффузоров. Течение в криволинейных каналах. Сопротивление пучка труб. Одномерные течения идеального газа. Различные формы уравнения Бернулли для адиабатического течения идеального газа. Энтальпия газового потока. Скорости распространения звука и число М. Закономерность изменения параметров газа вдоль струйки. Уравнение Гюгонио. Условие непрерывного перехода через звуковое значение скорости. Критическая, максимальная скорости и параметры торможения. Безразмерные скорости газа. Основные газодинамические функции, их графическое представление и использование в таблицах. Истечение газа через сужающее сопло. Формула Сан-Венана-Венцеля. Закономерность изменения весового расхода газа. Критическое отношение давлений. Сопло Лавала и режимы его работы.. Методы моделирования. Определение коэффициента потерь на трение по длине трубопровода (прибор Бернулли),					
4	Одномерные течения идеальных газов. Ударные волны и скачки уплотнения	Типы трубопроводов. Основные задачи расчета трубопроводных систем. Аналитические и графические методы расчета, применение ЭВМ. Построение пьезометрических графиков. Всасывающие трубопроводы. Определение реакций фасонных частей трубопроводов. Распространение малых возмущений; линии и углы Маха. Обтекание малого угла. Обтекание конечного угла. Ударные волны в напорном потоке капельной жидкости. Явление гидравлического удара. Величина ударного давления. Скорость распространения ударной волны. Ударные волны и скачки уплотнения в потоке сжимаемого газа. Основные уравнения теории скачков. Уравнение	2	2	2	20	26

		ударной адиабаты, сравнение с адиабатой Пуассона. Степень сжатия газа в скачке. Рост энтропии в скачке и невозможность скачка разрежения. Изменение параметров газа при переходе через скачок. Методы управления пограничным слоем. Определение коэффициентов местных сопротивлений (прибор Бернулли).					
5	Двумерные течения идеальной жидкости и газа.	Кинематический анализ составляющих движения жидкой частицы. Теорема Коши-Гельмгольца. Вихревое движение и основные характеристики поля вихрей. Свойства вихревых трубок. Понятие о циркуляции скорости. Теоремы о вихрях. Потенциальное течение жидкостей и газов. Понятие о потенциале скорости и его свойства. Метод наложения потенциальных потоков. Плоские течения жидкости. Функция тока и ее физический смысл. Гидродинамическая сетка, методы ее построения и использование для расчета поля скоростей. Плоский потенциальный поток несжимаемой жидкости. Обтекание кругового цилиндра. Циркуляция, эффект Магнуса и образование подъемной силы. Теорема Н.Е. Жуковского о подъемной силе. Отрывное обтекание тел по схеме Жуковского-Кирхгофа. Кавитация в жидкостях и образование каверн. Вязкая жидкость. Обобщенная гипотеза Ньютона о связи между напряжениями и скоростями деформации. Уравнения Навье-Стокса. Граничные условия. Турбулентные движения и общие уравнения усредненно-установившегося турбулентного потока (уравнение Рейнольдса). Основные гипотезы о турбулентных напряжениях. Современное представление о структуре турбулентного потока. Устойчивость ламинарного течения и возникновение турбулентности. Основные статистические характеристики турбулентных течений. Понятие о подобии гидромеханических процессов. Общие теоремы подобия. Получение критериев подобия из дифференциальных уравнений гидрогазодинамики. Критерии подобия определяющие и определяемые. Критериальное уравнение. Законы подобия при движении газа с большими скоростями. Понятие об анализе размерностей. Понятие об автомодельности. Повтор пройденного материала. Определение гидростатического давления.	-	2	2	20	24
6	Основы динамики вязкой жидкости	Пограничный слой. Основные физические представления о пограничном слое. Толщина пограничного слоя, условные толщины пограничного слоя. Интегральное соотношение (уравнение количества движения) для пограничного слоя. Расчет ламинарного пограничного слоя на пластине с помощью интегрального соотношения. Переход ламинарного слоя	-	2	-	20	22

		в турбулентный. Критическое число Рейнольдса и положение точки перехода на пластине. Влияние степени турбулентности внешнего потока на критическое число Рейнольдса. Расчет турбулентного пограничного слоя на пластине. Пограничный слой на искривленных поверхностях. Влияние продольного градиента давления и отрыв пограничного слоя. Определение точки отрыва. Особенности двухкомпонентных и двухфазных течений; течение жидкости при фазовом равновесии; тепловой скачок и скачок конденсации". Пористые среды. Основные понятия. Классификация. Получение. Использование. Основные закономерности. Повтор пройденного материала. Построение напорной и пьезометрической линии					
Итого			8	6	10	116	140

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Определение вязкости жидкости (визкозиметр Энглера);
2. Определение гидростатического давления;
3. Экспериментальная иллюстрация уравнения Бернулли. Построение напорной и пьезометрической линии;
4. Определение коэффициента потерь на трение по длине трубопровода (прибор Бернулли);

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

- «аттестован»;
- «не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-2	Знать основы базовых дисциплин различные направления отдельных видов учебных занятий их научные, основы моделирования в экспериментальных исследований	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь производить расчет с использованием математического моделирования в различных областях исследования	Решение стандартных практических задач.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть математическим моделированием при расчете сложных задач в различных областях исследования	Решение прикладных задач в конкретной предметной области.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 2 семестре для очной формы обучения, 5 семестре для заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;
«хорошо»;
«удовлетворительно»;
«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-2	Знать основы базовых дисциплин различные направления отдельных видов учебных занятий их научные, основы моделирования в экспериментальных исследований	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь производить расчет с использованием математического моделирования в различных областях исследования	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	Владеть математическим моделированием при расчете сложных задач в различных областях исследования	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
--	---	--	--	---	--	------------------

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Давление характеризует напряженное состояние жидкости, вызванное действием?
2. Давление в жидкости изменяется за счет?
3. Закон распределения абсолютного давления в жидкости, находящейся в неподвижном закрытом сосуде?
4. Эпюра избыточного давления на вертикальную стенку закрытого резервуара?
5. Сила давления жидкости на вертикальную стенку резервуара определяется по давлению?
6. Укажите пределы изменения вакуума?
7. Движение жидкости называют неустановившемся, когда?
8. Укажите параметр, наиболее существенно влияющий на потери напора по длине при турбулентном режиме?
9. Коэффициент гидравлического трения при турбулентном режиме определяется с учетом?
10. Закон сохранения энергии для совершенного газа в энергетически изолированной системе имеет вид?

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Определить абсолютное и избыточное (или вакуумметрическое) давление в т. А (рис. 11) и одну из пропущенных величин в таблице 3, если остальные величины заданы. Налитые в резервуары жидкости с плотностями ρ_1 и ρ_2 не смешиваются и находятся в состоянии покоя. Значение давления дано в атмосферах, $P_A = 1 \text{ атм} = 101325 \text{ Па}$.
2. Определить по данным таблицы 4 равнодействующую силу избыточного давления воды на плоский затвор, перекрывающий отверстие трубы (рис. 12). Определить координату точки приложения силы давления воды z_D на указанную сторону затвора.
3. По данным таблицы 5 определить равнодействующую сил избыточного давления на 1 погонный метр (нормально к плоскости чертежа) поверхность ABC. Найти угол наклона линии действия сил избыточного давления воды на поверхность ABC слева. В расчетах принять $h = 2 \text{ м}$, $r = 1 \text{ м}$.
4. По трубопроводу диаметром $d = 200 \text{ мм}$ движется жидкость плотностью $\rho = 950 \text{ кг/м}^3$. Массовый расход ее равен $M = 200 \text{ т/ч}$. Определить 1) при каком давлении P в сечении, расположенном на высоте $Z = 2 \text{ м}$, гидравлический (полный) напор равен $H = 28 \text{ м}$; 2) пьезометрический и

скоростной напоры в данном сечении.

5. На напорном водопроводе постоянного диаметра в водопроводных колодцах А и В, расположенных на расстоянии 1 друг от друга, установлены манометры МА и МВ (рис. 19), показывающие давление РА и РВ. Гидравлический уклон равен i , пьезометрический i_p . Высота колодцев ЗА и ЗВ. Пользуясь данными таблицы 6, определить величины, отмеченные в ней знаком вопроса.

6. Воздух плотности ρ , имея скорость на подходе к зданию, равную U_A , над коньком здания имеет скорость, равную U_B , причем $U_A < U_B$ (рис.21). Давление на подходе к зданию и в самом здании равно атмосферному, благодаря этому в фанаре здания В создается тяга ρ вентиляционного потока. Потерями напора пренебрегаем. Пользуясь данными таблицы 8, определить величины, отмеченные в ней знаком вопроса.

7. Два резервуара соединены простым трубопроводом диаметром d и длиной L (рис.27) По нему происходит истечение под уровень с расходом Q . Требуется найти разность уровней воды в резервуарах. Местными сопротивлениями пренебречь. Кинематический коэффициент вязкости ν принять равным $1,006 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

8. Насос подает воду на высоту H_0 по стальному трубопроводу, имеющему длину L и диаметр d (рис. 32). Внезапно двигатель насоса отключается от сети и вола под напором H_0 движется в обратном направлении. При закрытии обратного клапана ($\text{Скл} = 3$) возникает гидравлический удар. Коэффициент местного сопротивления насоса $\text{Ст} = 10$, колена $\text{Сж} = 0.15$. гидравлический коэффициент трения $\lambda = 0,08$. Определить ударное повышение давления, если время закрытия клапана равно одной секунде. Необходимые данные приведены в таблице 1.

9. По данным таблицы 1 определить равнодействующую сил избыточного давления на 1 погонный метр (нормально к плоскости чертежа) поверхность АВС. Найти угол наклона линии действия сил избыточного давления воды на поверхность АВС слева. В расчетах принять $h = 2\text{м}$, $r = 1\text{м}$.

10. Исходными данными для расчета являются:

P_1 – давление на входе в сопло, Па;

T_1 – начальная температура газа, К;

R – газовая постоянная, Н·м / (кг·град);

k – коэффициент адиабаты;

M – расход газа, кг/с;

$P_{\text{окр}}$ – давление в окружающей среде. Па; (обычно $P_{\text{окр}} = 99200 \text{ Па}$ при н. у.) Требуется определить проходное сечение конического сопла Лавала его длину и параметры истекающего газа, положив давление на срезе сопла $P = 1,1 \cdot P_{\text{окр}}$. Избыток давления $0,1 \cdot P_{\text{окр}}$ предназначается для покрытия возможных потерь давления в сопле Лавала. Определить параметры газа и сопла в критическом сечении.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. По горизонтальной трубке течет жидкость (рис.1). Направление течения указано стрелками. Разность уровней жидкости в вертикальных трубках составляет h (трубки имеют одинаковые радиусы). Какова скорость течения жидкости в трубе?

2. Насос имеет горизонтальный цилиндр диаметром d_1 . Поршень в насосе перемещается со скоростью v_1 . Этот поршень выталкивает воду, через отверстие d_2 . Какова скорость истечения воды из отверстия (v_2)?

3. В днище резервуара с водой имеется круглое спускное отверстие, закрытое плоским клапаном. Определить, при каком диаметре D цилиндрической поплавок клапан автоматически откроется при достижении высоты уровня жидкости в резервуаре равной H ? Длина цепочки, связывающей поплавков с клапаном, равна l , вес подвижных частей устройства G , давление на свободной поверхности жидкости измеряется мановакуумметром, его показание равно p_m , температура воды $t^\circ\text{C}$?

4. Перед подземным ремонтом газовую скважину “задавили”, залив её ствол до устья (до поверхности земли) водой ($t=20^\circ\text{C}$). Затем в скважину лебёдкой спустили насосно-компрессорные трубы, по которым при эксплуатации скважины поступает из пласта газ. Длина спущенных труб равна l , внешний диаметр D , толщина стенки δ , вес одного метра длины q . Определить максимальное усилие на крюке лебедки для двух случаев: 1) нижний конец труб открыт – четные варианты; 2) нижний конец труб заглушен – нечетные варианты.

5. Определить силу R , которую нужно приложить к поршню насоса диаметром $D=65\text{мм}$, чтобы подавать в бак бензин (плотность $\rho = 765\text{кг/м}^3$, кинематический коэффициент вязкости $\nu = 0,4\text{сСт}$) с постоянным расходом $Q = 2,5\text{л/с}$. Высота подъёма жидкости в установке $H_0 = 10\text{м}$, показание манометра $p_{m0} = 0,15\text{МПа}$. Размеры трубопровода $l = 60\text{м}$, $d = 30\text{мм}$; его эквивалентная шероховатость $\Delta\varepsilon = 0,03\text{мм}$; коэффициент сопротивления вентиля $\xi_v = 5,5$.

6. Насос подает жидкость из подземной ёмкости с избыточным давлением газа на поверхности жидкости. На всасывающей линии (длина l , диаметр d , трубы сварные, бывшие в эксплуатации) имеются местные сопротивления: приёмная коробка с клапаном и сеткой, колено и кран с коэффициентом сопротивления $\xi_{кр}$. Показание вакуумметра на входе в насос равно p_v , расход жидкости Q , температура $t^\circ\text{C}$. Определить рабочую высоту всасывания насоса $h_{вс}$ и предельную высоту из условия отсутствия кавитации на входе в насос. Объяснить также, почему при кавитации насос не всасывает жидкость и рабочее колесо насоса выходит из строя.

7. Для поддержания пластового давления при добыче нефти в нагнетательную скважину глубиной H по насосно-компрессорным трубам (диаметр d , длина l , шероховатость $\Delta\varepsilon$) закачивается $Q\text{ м}^3$ воды в сутки. Забойное избыточное давление равно $p_{заб}$. Температура воды $t^\circ\text{C}$. Определить показание устьевое манометра p_m и полезную мощность N_p , затрачиваемую

при закачке.

8. Определить силу прессования F , развиваемую гидравлическим прессом. Диаметр большого плунжера равен D , а малого d . Большой плунжер расположен выше меньшего на величину H , усилие, приложенное к рукоятке, равно R . Температура жидкости 20°C .

9. Покоящийся на неподвижном поршне и открытый сверху и снизу сосуд массой m состоит из двух цилиндрических частей, внутренние диаметры которых d и D . Определить, какой минимальный объём жидкости W должен содержаться в верхней части сосуда, чтобы он всплыл над поршнем. Температура жидкости $t^\circ\text{C}$.

10. Вода из верхней секции замкнутого бака (Рис.1) перетекает в нижнюю через отверстие диаметром $d_1 = 30\text{мм}$, а затем через цилиндрический насадок диаметром $d_2 = 20\text{мм}$ вытекает в атмосферу. Температура воды 20°C . Определить выходную скорость и расход жидкости через насадок, если показание манометра $p_m = 50\text{кПа}$, а уровни в водомерных стёклах $H_1 = 2\text{м}$ и $H_2 = 3\text{м}$. Чему при этом будет равно избыточное давление p_x над уровнем воды в нижней секции бака?

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Силы действующие в жидкости и газе.

2. Уравнение Навье-Стокса.

3. Задача.

1. Вязкость жидкости и газа. Приборы для измерения вязкости.

2. Уравнение Навье-Стокса.

3. Задача.

1. Гипотеза сплошности. Идеальной жидкости.

2. Уравнение движения идеальной жидкости в формуле Громека.

3. Задача.

1. Истечение несжимаемой жидкости из отверстий и насадков

2. Основные формулы гидростатики.

3. Задача.

1. Скачки уплотнения, физическая картина, основные уравнения.

2. Потери напора при внезапном расширении трубопровода

3. Задача.

1. Гидравлический удар.

2. Дифференциальные уравнения Эйлера.

3. Задача.

1. Уравнение гидростатики Эйлера. Условие равновесия жидкости, газа.
2. Расчет длинного трубопровода..
3. Задача.

1. Уравнение Бернулли для струи идеального сжимаемого газа.
2. Потери напора в диффузоре..
3. Задача.

1. Струйчатая схема течения. Поток жидкости, его характеристики – расход и средняя скорость.
2. Силы, действующие в жидкости. Гидростатическое уравнение.
3. Задача.

1. Изменение газодинамических параметров на скачке уплотнения.
2. Уравнение движения идеальной жидкости в формуле Громека.
3. Задача.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по билетам, каждый из которых содержит 2 вопроса и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 3 балла (2 балла верное решение и 1 балл за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 5.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент не ответил на все вопросы в билете и не решил задачу.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент не ответил на все вопросы в билете и решил задачу или дал полный правильный ответ на 2 вопроса.

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент дал полный правильный ответ на 1 вопрос в билете и решил задачу.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент дал полный правильный ответ на все вопросы в билете и решил задачу.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение. Физико-механические основы гидрогазодинамики	ОПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	Основы гидростатики. Основные уравнения и теоремы динамики жидкости и газа	ОПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

3	Основные разделы гидродинамики	ОПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
4	Одномерные течения идеальных газов. Ударные волны и скачки уплотнения	ОПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
5	Двумерные течения идеальной жидкости и газа	ОПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
6	Основы динамики вязкой жидкости	ОПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Жуков Н.П. Гидрогазодинамика. Част 1. Гидравлика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.Ф. Майникова; Н.П. Жуков. - Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. - 140 с. - ISBN 978-5-8265-1434-4. URL: <http://www.iprbookshop.ru/64075.html>.

2. Белевич М. Ю. Гидромеханика. Основы классической теории : Учебное пособие / М.Ю. Белевич - Санкт-Петербург : Российский государственный гидрометеорологический университет, 2013. - 213 с. - ISBN 5-86813-178-9. URL: <http://www.iprbookshop.ru/17911.html>

3. Емцев Б.Т. Техническая гидромеханика / Б.Т. Емцев. - 2-е изд.- М.: Машиностроение, 1987. - 440 с.

4. Дейч М.Е. Техническая газодинамика / М.Е. Дейч. - М.: Энергия, 1974. 592 с.

5. Самойлович Г.С. Газодинамика : Учебник / Г.С. Самойлович. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1990. - 382 с.

6. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика / Г.Н. Абрамович. - Изд. 3-е. - Москва : Наука, 1969. - 826 с.

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=476989>

7. Лойцянский Л.Г. Механика жидкостей и газа : учеб. пособие / Л.Г. Лойцянский. - 7-е изд., испр. - М. : Дрофа, 2003. - 840 с.

8. Фалеев В.В. Гидравлические расчеты в теплоэнергетических системах : учеб. пособие / В.В. Фалеев. - Воронеж : Изд-во ВГТУ, 2000. - 109 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Лицензионное программное обеспечение:

- Windows Professional 8.1 (7 и 8) Single Upgrade MVL A Each Academic (многопользовательская лицензия)
- ABBYY FineReader 9.0
- LibreOffice

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

<http://www.edu.ru/>

Образовательный портал ВГТУ

Информационные справочные системы:

<http://window.edu.ru>

<https://wiki.cchgeu.ru/>

Современные профессиональные базы данных:

Сайт теплотехника

Адрес ресурса: <http://teplokot.ru/>

Министерство энергетики

Адрес ресурса: <https://minenergo.gov.ru/>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

1. Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой и лабораторными стендами (ауд. 306/3).
2. Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами для проведения практических и лабораторных занятий (ауд. 304/3).

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Гидрогазодинамика» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы, выполняется курсовая работа.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков гидравлических расчетов. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом

занятие	лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начинаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой, зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

Лист регистрации изменений

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1	Актуализирован раздел 8.1. в части перечня учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины и раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2017	
2	Актуализирован раздел 8.1. в части перечня учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины и раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2018	
3.	Актуализирован раздел 8.1. в части перечня учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины и раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2019	
4.	Актуализирован раздел 8.1. в части перечня учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины и раздел 8.2. в части состава используемого лицензионного программного обеспечения современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2020	