

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИЖЕВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Пер. № Б-19-ТТ

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

П.Б. Акмаров
" 19 " * 12 " 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Гидрогазодинамика

Направление подготовки *«Теплоэнергетика и теплотехника»*

Профиль *«Энергообеспечение предприятий»*

Квалификация выпускника – *бакалавр*

Форма обучения – *очная, заочная*

Ижевск 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ГИДРОГАЗОДИНАМИКА»	3
2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ «ГИДРОГАЗОДИНАМИКА» В СТРУКТУРЕ ООП	4
3 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ГИДРОГАЗОДИНАМИКА» И ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ	5
4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (очная форма).....	7
СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (заочная форма)	12
5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	17
6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ	18
7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ГИДРОГАЗОДИНАМИКА»	26
8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ГИДРОГАЗОДИНАМИКА»	29
ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ	30

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ГИДРОГАЗОДИНАМИКА»

Целью преподавания дисциплины «Гидрогазодинамика» является формирование у студентов системы знаний для выполнения 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;

рассчитывать гидродинамические параметры потока жидкости (газа) при внешнем обтекании тел и течения в каналах (трубах), проточных частях гидрогазодинамических машин; проводить гидравлический расчет трубопроводов;

овладеть методиками проведения типовых гидродинамических расчетов гидромеханического оборудования и трубопроводов.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть основными требованиями, характеризующими профессиональную деятельность бакалавров.

Область профессиональной деятельности бакалавров включает совокупность технических средств, способов и методов человеческой деятельности по применению теплоты, управлению ее потоками и преобразованию иных видов энергии в теплоту.

Объектами профессиональной деятельности бакалавров являются:

тепловые и атомные электрические станции, системы энергообеспечения предприятий, объекты малой энергетики; установки, системы и комплексы высокотемпературной и низкотемпературной теплотехнологии; паровые и водогрейные котлы различного назначения; реакторы и парогенераторы атомных электростанций; паровые и газовые турбины; энергоблоки, парогазовые и газотурбинные установки; установки по производству сжатых и сжиженных газов; компрессорные, холодильные установки; установки систем кондиционирования воздуха; тепловые насосы; химические реакторы, топливные элементы, электрохимические энергоустановки; установки водородной энергетики; вспомогательное теплотехническое оборудование; тепло- и массообменные аппараты различного назначения; тепловые и электрические сети; теплотехнологическое и электрическое оборудование промышленных предприятий; установки кондиционирования теплоносителей и рабочих тел; технологические жидкости, газы и пары, расплавы, твердые и сыпучие тела как теплоносители и рабочие тела энергетических и теплотехнологических установок; топливо и масла; нормативно-техническая документация и системы стандартизации; системы диагностики и автоматизированного управления технологическими процессами в теплоэнергетике и теплотехнике.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ «ГИДРОГАЗОДИНАМИКА» В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина «Гидрогазодинамика» включена в базовую часть блока 1.

Организация изучения дисциплины предусматривает чтение лекций, проведение практических и лабораторных занятий, самостоятельную работу студентов по темам дисциплины, выполнения расчетно-графической работы.

Для изучения дисциплины «Гидрогазодинамика» необходимы следующие знания, умения и навыки:

Знание: дифференцирование и интегрирование, потенциальные поля и вероятностные задачи; растворы, акустику; теорию поля; свойства жидкостей и газов; теоретическую механику.

Умение: выбирать способы и методики решения физических задач.

Навыки: отыскивать причины явлений в физике жидкостей и газов; классифицировать и систематизировать объекты гидрогазодинамики.

Содержательно-логические связи дисциплины отражены в таблице 2.1

2.1 Содержательно-логические связи дисциплины Гидрогазодинамика

Код дисциплины	Содержательно-логические связи	
	название учебных дисциплин, практик	
	на которые опирается содержание данной учебной дисциплины	для которых содержание данной учебной дисциплины выступает опорой
Б1.Б.19	Математика Физика Теоретическая механика Спецглавы математики	Технологические энергосистемы предприятий Источники и системы теплоснабжения предприятий Системы газоснабжения Проектирование систем энергообеспечения Подготовка выпускной квалификационной задачи

3 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ГИДРОГАЗОДИНАМИКА» И ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

3.1 Перечень компетенций

Но- мер/индекс компетен- ции	Содержание компе- тенции (или ее части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
		Знать	Уметь	Владеть
ОПК-2	способностью демон- стрировать базовые знания в области есте- ственнонаучных дисци- плин, готовностью вы- являть естественнона- учную сущность про- блем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; приме- нять для их разрешения основные законы есте- ствознания, методы ма- тематического анализа и моделирования, тео- ретического и экспери- ментального исследо- вания	базовые закономер- ности естественно- научных дисциплин	анализировать во взаимосвязи явления и процессы, приме- нять для их разреше- ния основные законы естествознания	методами матема- тического анализа и моделирования, теоретического и экспериментально- го исследования, методологией са- мостоятельной ра- боты
ПК-4	способностью к про- ведению эксперимен- тов по заданной ме- тодике, обработке и анализу полученных результатов с привле- чением соответству- ющего математиче- ского аппарата	закономерности об- работки информа- ции, требования при проведении технико- экономического обоснования проек- тных разработок	анализировать и проводить анализ при выборе сравнимае- мых предпроектных решений или отдель- ных их решений	методологией тех- нико- экономического обоснования и стандартными ме- тодиками оценки отдельных реше- ний

Согласно Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направления подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (уровень бакалавриата) область профессиональной деятельности выпускника включает исследование, проектирование, конструирование и эксплуатацию технических средств по производству теплоты, её применению, управлению ее потоками и преобразованию иных видов энергии в теплоту

Бакалавр должен быть готов к выполнению задач по следующим видам деятель-
ности:

расчетно-проектная и проектно-конструкторская деятельность: участие в сборе и анализе информационных исходных данных для проектирования; участие в проведении предварительного технико-экономического обоснования проектных решений;

научно-исследовательская деятельность:

изучение научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования; проведение экспериментов по заданной методике и анализ результатов; проведение измерений и наблюдений, составление описания проводимых

исследований; подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций;

организационно-управленческая деятельность: планирование работы персонала; выполнение работ по одной или нескольким должностям служащих;

производственно-технологическая деятельность: контроль соблюдения технологической дисциплины; участие в работах по освоению и доводке технологических процессов в ходе подготовки производства продукции; контроль соблюдения экологической безопасности на производстве;

монтажно-наладочная деятельность: участие в монтажных, пусконаладочных работах, предварительных испытаниях, опытной эксплуатации и приемке (сдаче) в эксплуатацию энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования в целом, а также изделий, узлов, систем и деталей в отдельности;

сервисно-эксплуатационная деятельность: обслуживание технологического оборудования; выполнение работ по одной или нескольким профессиям рабочих.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть основными требованиями, характеризующими профессиональную деятельность бакалавров.

знать 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;

уметь рассчитывать гидродинамические параметры потока жидкости (газа) при внешнем обтекании тел и течения в каналах (трубах), проточных частях гидрогазодинамических машин; проводить гидравлический расчет трубопроводов;

владеть методиками проведения типовых гидродинамических расчетов гидромеханического оборудования и трубопроводов.

4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (очная форма)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часа.

Семестр	Всего часов	Аудиторных	Самост. работа	Лекций	Лабораторных	Практических	Промежуточная аттестация	Всего
5	144	44	73	20	8	16	27 - экзамен	144

4.1 Структура дисциплины

№ п/п	Семестр	Недели семестра	Раздел дисциплины, темы раздела	Виды учебной работы, включая СРС и трудоемкость (в часах)						Форма: -текущего контроля успеваемости, СРС (по неделям семестра); -промежуточной аттестации (по семестрам) КРС
				всего	лекция	практические занятия	лаб. занятия	семинары	СРС	
			Общая гидродинамика	32	8	6			18	
1	5	1	Свойства жидкостей, газов и паров	6	2				4	Устный или письменный опрос
2	5	2	Гидростатика	8	2	2			4	Устный или письменный опрос
3	5	3	Кинематика	9	2	2			5	Устный или письменный опрос
4	5	4	Гидродинамика	9	2	2			5	Устный или письменный опрос
			Прикладная гидродинамика	36	8	8			20	
5	5	5	Режимы течения.	9	2	2			5	Устный или письменный опрос
6	5	6	Основы теории подобия и моделирования.	9	2	2			5	Устный или письменный опрос
7	5	7	Местные гидравлические сопротивления.	9	2	2			5	Устный или письменный опрос
8	5	8	Расчет трубопроводных систем	9	2	2			5	Устный или письменный опрос
			Газодинамика	21	4	2			15	
9	5	9	Одномерные течения идеального газа	9	2	2			5	Устный или письменный опрос
10	5	10	Скачки уплотнений при сверхзвуковом течении газов.	7	2				5	Устный или письменный опрос
11	5	11	Понятие пограничного слоя	5					5	Тестирование
			Лабораторный практикум	28			8		20	
12	5	12	Определение гидрав-	7			2		5	Устный или пись-

			лических потерь напора в простом трубопроводе							Устный опрос
13	5	13	Определение коэффициентов местных сопротивлений	7			2		5	Устный или письменный опрос
14	5	14	Изучения режимов течения воздуха	7			2		5	Устный или письменный опрос
15	5	15	Определение потерь напора в воздуховодах	7			2		5	Устный или письменный опрос
			Промежуточная аттестация	27						Экзамен
				144	20	16	8		73	

4.2 Матрица формируемых дисциплиной компетенций

Разделы и темы дисциплины	Кол-во часов	Компетенции		
		ПК-4	ОПК-2	общее количество компетенций
Общая гидродинамика	32	+	+	2
Прикладная гидродинамика	36	+	+	2
Газодинамика	21	+	+	2
Лабораторный практикум	28	+	+	2
Промежуточная аттестация	27	+	+	2
	144			

4.3 Содержание разделов дисциплины

№	Название раздела	Содержание раздела в дидактических единицах
	Общая гидродинамика	
1	Свойства жидкостей, газов и паров	Введение. Основные понятия и определения. Параметры потока. Свойства жидкостей, газов и паров. Основные термодинамические соотношения. Классификация сил. Массовые силы. Поверхностные силы. Тензор напряжения
2	Гидростатика	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
3	Кинематика	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. Потенциал скорости. Функция тока плоского течения. Связь потенциала скорости и функции тока. Методы расче-

		та потенциальных потоков. Наложение потенциальных потоков. Бесциркуляционное обтекание круглого цилиндра.
4	Гидродинамика	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.
	Прикладная гидродинамика	
5	Режимы течения	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
6	Основы теории подобия и моделирования	Инспекционный анализ дифференциальных уравнений. Понятие об автомодельности. Анализ размерностей.
7	Местные гидравлические сопротивления.	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
8	Расчет трубопроводных систем	Классификация трубопроводов. Расчет простого трубопровода. Расчет сложного трубопровода. Расчет трубопроводов при движении газов. Работа нагнетателя в сети. Прямой гидравлический удар в трубах.
	Газодинамика	
9	Одномерные течения идеального газа	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.
10	Скачки уплотнений при сверхзвуковом течении газов.	Возникновение скачков уплотнений. Прямой скачок уплотнений. Косые скачки уплотнения. Скачки конденсации
11	Понятие пограничного слоя	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. Результаты решения уравнений пограничного слоя для отдельных частных случаев. Сопротивление тел обтекаемых вязкой жидкостью.

4.4 Лабораторный практикум

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час.)
3	13	Определение гидравлических потерь напора в простом трубопроводе	2

4	13	Определение коэффициентов местных сопротивлений	2
5	14	Изучения режимов течения воздуха	2
6	14	Определение потерь напора в воздуховодах	2
			8

4.5 Практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (час.)
1	2	Гидростатика. Решение задач	2
2	3	Кинематика. Решение задач	2
3	4	Гидродинамика. Решение задач	2
4	5	Режимы течения. . Решение задач	2
5	6	Основы теории подобия и моделирования.	2
6	7	Местные гидравлические сопротивления.	2
7	8	Расчет трубопроводных систем. Решение задач	2
8	9	Одномерные течения идеального газа	2
			16

4.6 Содержание самостоятельной работы и формы ее контроля

№ п/п	Раздел дисциплины (модуля), темы раздела	Всего часов	Содержание самостоятельной работы	Форма контроля
	Общая гидродинамика			
1	Свойства жидкостей, газов и паров	4	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции	Устный или письменный опрос
2	Гидростатика	4	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции	Устный или письменный опрос
3	Кинематика	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим работам	Устный или письменный опрос
4	Гидродинамика	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим работам	Устный или письменный опрос
	Прикладная гидродинамика			
5	Режимы течения.	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим работам	Устный или письменный опрос
6	Основы теории подобия и моделирования.	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим работам	Устный или письменный опрос
7	Местные гидравлические со-	5	Работа с учебной литера-	Тестирование

	противления.		турой, подготовка к лекции и практическим работам	
8	Расчет трубопроводных систем	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим работам	
	Газодинамика			
9	Одномерные течения идеального газа	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим работам	Устный или письменный опрос
10	Скачки уплотнений при сверхзвуковом течении газов.	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим работам	Устный или письменный опрос
11	Понятие пограничного слоя	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим работам	
	Лабораторный практикум			
12	Определение гидравлических потерь напора в простом трубопроводе	5	Работа с учебной литературой, подготовка к выполнению РГР	Устный или письменный опрос
13	Определение коэффициентов местных сопротивлений	5	Работа с учебной литературой, подготовка к выполнению РГР	Устный или письменный опрос
14	Изучения режимов течения воздуха	5	Работа с учебной литературой, подготовка к выполнению РГР	
15	Определение потерь напора в воздухопроводах	5	Работа с учебной литературой, подготовка к выполнению РГР	
		73		

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (заочная форма)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часа.

Курс	Всего часов	Аудиторных	Самост. работа	Лекций	Лабораторных	Практических	Промежуточная аттестация	Всего
3	144	12	123	6	4	2	9 - экзамен	144

Структура дисциплины

№ п/п	Курс	Недели семестра	Раздел дисциплины (модуля), темы раздела	Виды учебной работы, включая СРС и трудоемкость (в часах)						Форма: -текущего контроля успеваемости, СРС (по неделям семестра); -промежуточной аттестации (по семестрам) КРС
				всего	лекция	практические занятия	лаб. занятия	семинары	СРС	
			Общая гидродинамика	47	4	2			41	
1	3		Свойства жидкостей, газов и паров	11					11	Устный или письменный опрос
2	3		Гидростатика	14	2	2			10	Устный или письменный опрос
3	3		Кинематика	10					10	Устный или письменный опрос
4	3		Гидродинамика	12	2				10	Устный или письменный опрос
			Прикладная гидродинамика	60	2		2		56	
5	3		Режимы течения.	10					10	Устный или письменный опрос
6	3		Основы теории подобия и моделирования.	10					10	Устный или письменный опрос
7	3		Местные гидравлические сопротивления.	24	2		2		20	Устный или письменный опрос
8	3		Расчет трубопроводных систем	17					16	Устный или письменный опрос
			Газодинамика	28			2		26	
9	3		Одномерные течения идеального газа	10			2		8	Устный или письменный опрос
10	3		Скачки уплотнений при сверхзвуковом течении газов.	10					10	Устный или письменный опрос
11	3		Понятие пограничного слоя	8					8	
			Промежуточная аттестация	9						Экзамен
				144	6	2	4		123	

Содержание разделов дисциплины

№	Название раздела	Содержание раздела в дидактических единицах
	Общая гидродинамика	
1	Свойства жидкостей, газов и паров	Введение. Основные понятия и определения. Параметры потока. Свойства жидкостей, газов и паров. Основные термодинамические соотношения. Классификация сил. Массовые силы. Поверхностные силы. Тензор напряжения
2	Гидростатика	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
3	Кинематика	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. Потенциал скорости. Функция тока плоского течения. Связь потенциала скорости и функции тока. Методы расчета потенциальных потоков. Наложение потенциальных потоков. Бесциркуляционное обтекание круглого цилиндра.
4	Гидродинамика	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.
	Прикладная гидродинамика	
5	Режимы течения	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
6	Основы теории подобия и моделирования	Инспекционный анализ дифференциальных уравнений. Понятие об автомодельности. Анализ размерностей.
7	Местные гидравлические сопротивления.	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
8	Расчет трубопроводных систем	Классификация трубопроводов. Расчет простого трубопровода. Расчет сложного трубопровода. Расчет трубопроводов при дви-

		жении газов. Работа нагнетателя в сети. Прямой гидравлический удар в трубах.
	Газодинамика	
9	Одномерные течения идеального газа	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.
10	Скачки уплотнений при сверхзвуковом течении газов.	Возникновение скачков уплотнений. Прямой скачок уплотнений. Косые скачки уплотнения. Скачки конденсации
11	Понятие пограничного слоя	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. Результаты решения уравнений пограничного слоя для отдельных частных случаев. Сопротивление тел обтекаемых вязкой жидкостью.

Лабораторный практикум

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час.)
1	2	Определение гидравлических потерь напора в простом трубопроводе	2
2	5	Исследование течения воздуха из насадок	2
			4

Практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (час.)
2	3	Гидростатика. Решение задач	2
			2

Содержание самостоятельной работы и формы ее контроля

№ п/п	Раздел дисциплины (модуля), темы раздела	Всего часов	Содержание самостоятельной работы	Форма контроля
	Общая гидродинамика			
1	Свойства жидкостей, газов и паров	11	Введение. Основные понятия и определения. Параметры потока. Свойства жидкостей, газов и паров. Основные термодинамические соотношения. Классификация сил. Массовые силы. Поверхностные силы. Тензор напряжения	Устный или письменный опрос
2	Гидростатика	10	Уравнение равновесия жидкости. Основное уравнение гидростатики в дифференциальной форме. Эквипотенциальные поверхности и поверхности равного давления. Гид-	Устный или письменный опрос Контрольная работа

			ростатический 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	
3	Кинематика	10	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. Потенциал скорости. Функция тока плоского течения. Связь потенциала скорости и функции тока. Методы расчета потенциальных потоков. Наложение потенциальных потоков. Бесциркуляционное обтекание круглого цилиндра.	Устный или письменный опрос
4	Гидродинамика	10	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.	Контрольный опрос Контрольная
	Прикладная гидродинамика			
5	Режимы течения.	10	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	Устный или письменный опрос Контрольная
6	Основы теории подобия и моделирования.	10	Инспекционный анализ дифференциальных уравнений. Понятие об автомодельности. Анализ размерностей.	Устный или письменный опрос
7	Местные гид-	20	Местные гидравлические сопротивления.	Контрольный

	равлические 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	опрос
8	Расчет трубопроводных систем	16	Классификация трубопроводов. Расчет простого трубопровода. Расчет сложного трубопровода. Расчет трубопроводов при движении газов. Работа нагнетателя в сети. Прямой гидравлический удар в трубах.	Устный или письменный опрос
	Газодинамика			
9	Одномерные течения идеального газа	8	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.	Устный или письменный опрос
10	Скачки уплотнений при сверхзвуковом течении газов.	10	Возникновение скачков уплотнений. Прямой скачок уплотнений. Косые скачки уплотнения. Скачки конденсации	Устный или письменный опрос
11	Понятие пограничного слоя	8	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. Результаты решения уравнений пограничного слоя для отдельных частных случаев. Сопротивление тел обтекаемых вязкой жидкостью.	Устный или письменный опрос
		123		

5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При изучении дисциплины используются следующие технологии: информационные технологии, проблемное обучение, контекстное обучение, обучение на основе опыта, междисциплинарное обучение.

При наличии лиц с ограниченными возможностями здоровья преподаватель организует работу в соответствии с Положением об инклюзивном образовании ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА.

Изучение дисциплины подразумевает использование информационных технологий:

- поиск информации в глобальной сети Интернет;
- работа в электронно-библиотечных системах;
- работа в ЭИОС вуза (портал);
- компьютерное тестирование;
- мультимедийные лекции.

Занятия содержат определения, структурные и принципиальные схемы гидродинамических установок и процессов, объектов, демонстрационные работы на действующих объектах.

5 Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях

Семестр	Вид занятия (Л, ПР, ЛР)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
5	Л	Лекции в виде мультимедийной презентации	20
	ЛР	Лабораторные работы с условиями, максимально приближенными к реальным.	2
	ПР	Решение ситуационных задач	4
			26

Занятия проводятся с использованием мультимедийного оборудования на лекциях, компьютерных программ MICROSOFT OFFICE, справочно-информационных систем для самостоятельной работы. Презентации содержат определения, структурные и принципиальные схемы гидродинамических процессов, установок, объектов и т.д.

При выполнении расчетных заданий используется учебная литература, приведенная ниже.

Самостоятельная работа включает подготовку к тестам, выполнение расчетных заданий и подготовку к их защите, подготовку к экзамену.

6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6.1 Виды контроля и аттестации, формы оценочных средств

Контроль знаний студентов по дисциплине «Гидрогазодинамика» проводится в устной и письменной форме, предусматривает текущий, промежуточный и итоговый контроль (экзамен).

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.
- использование ролевых игр (соревнований) по группам, внутри групп;
- 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.

Промежуточная аттестация – выполнение РГР и экзамен.

6 Виды контроля и аттестации, формы оценочных средств*

№ п/п	№ семестра	Виды контроля и аттестации (ТАт, ПрАт)	Компетенции	Наименование раздела учебной дисциплины	Оценочные средства и форма контроля
1.	5	ВК, ТАт	ОПК-2, ПК-4	Общая гидродинамика	Устный или тестовый контроль
2.	5	ТАт	ОПК-2, ПК-4	Прикладная гидродинамика	Устный или тестовый контроль
3.	5	ТАт	ОПК-2, ПК-4	Газодинамика	Устный или тестовый контроль
5	5	ПрАт	ОПК-2, ПК-4		Экзамен

*Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации приведен в приложении к рабочей программе.

Методика текущего контроля и промежуточной аттестации

Освоение основной образовательной программы сопровождается текущим контролем успеваемости и промежуточной аттестацией обучающихся.

Текущий контроль успеваемости обучающихся является элементом внутривузовской системы контроля качества подготовки специалистов и способствует активизации познавательной деятельности обучающихся в межсессионный период как во время контактной работы обучающихся с преподавателем, так и во время самостоятельной работы. Текущий контроль осуществляется преподавателем и может проводиться в следующих формах: индивидуальный и (или) групповой опрос (устный или письменный) на занятиях; защита реферата; презентация проектов, выполненных индивидуально или группой обучающихся; анализ деловых ситуаций (анализа вариантов решения проблемы, обоснования выбора оптимального варианта решения, др.); тестирование (письменное или компьютерное); контроль самостоятельной работы студентов (в письменной или устной форме).

По итогам текущего контроля преподаватель отмечает обучающихся, проявивших особые успехи, а также обучающихся, не выполнивших запланированные виды работ.

Промежуточная аттестация призвана оценить компетенции, сформированные у обучающихся в процессе обучения и обеспечить контроль качества освоения программы. Для контроля результатов освоения обучающимися учебного материала по программе конкретной дисциплины, проверка и оценка знаний, полученных за семестр (курс), развития творческого мышления, приобретения навыков самостоятельной работы, умения применять теоретические знания при решении практических задач, оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированных компетенций обучающихся предусматривается экзамен.

Экзамен может быть проведен в устной форме, в форме письменной работы или тестирования. Экзамены оцениваются по четырехбалльной системе: *«отлично»*, *«хорошо»*, *«удовлетворительно»*, *«неудовлетворительно»*.

Отметка *«отлично»* выставляется обучающемуся, если он усвоил материал, изчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с вопросами и другими видами применения знаний, не затрудняется с ответом при видоизменении вопросов, обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Отметка *«хорошо»* выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

Отметка *«удовлетворительно»* выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.

Отметка *«неудовлетворительно»* выставляется обучающемуся, который не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.

Примеры оценочных средств

а) для входного контроля

1. Определение плотности вещества.
2. Определение давления в веществе.
3. Вязкость вещества.
4. Взаимосвязи динамической и кинематической вязкости вещества.
5. Взаимосвязь плотности вещества с температурой.
6. Взаимосвязь плотности вещества с давлением.
7. Понятие вектора.
8. Алгебраическое и геометрическое сложение векторов.
9. Основы дифференциального и интегрального исчисления
10. Характеристики поля.

б) для текущей успеваемости

1. Дифференциальные характеристики поля, используемые в гидрогазодинамике.
2. Понятие градиента
3. Понятие дивергенции
4. Понятие ротора
5. Операции второго порядка
6. Преобразование Гаусса-Остроградского
7. Основные размерности системы исчисления СИю
8. Идеальная жидкость
9. Нютоновская жидкость
10. Бингемовская жидкость
11. Удельный вес жидкости
12. Плотность жидкости
13. Удельный объем
14. Сжимаемость жидкости
15. Вязкость жидкости
16. Кинематическая вязкость жидкости
17. Вязкость по Энглеру
18. Классификация сил, действующих на жидкость
19. Массовые силы
20. Поверхностные силы
21. Тензор напряжений
22. Уравнение движения в напряжениях
23. Уравнение равновесия жидкости - уравнения Эйлера
24. Основное уравнение гидростатики, закон Паскаля
25. Понятие силовой функции
26. Поверхности равного давления
27. Три случая поверхностей равного давления
28. Виды равновесия жидкости.
29. Свойства гидростатического давления.
30. Давление на плоскую поверхность.
31. Эксцентриситет давления.
32. Определение точки давления

33. Давление на криволинейную поверхность
34. Угол давления на криволинейную поверхность
35. Гидростатический парадокс
36. Котельная формула
37. Плавание тел. Закон Архимеда
38. Остойчивость плавающих тел
39. Равновесие газа в поле силы тяжести
40. Уравнение неразрывности (сплошности).
41. Уравнение неразрывности для струйки
42. Струйная модель жидкости
43. Линии тока и траектории
44. Анализ движения жидкой частицы
45. Деформационное движение
46. Вращательное движение
47. Вихревое движения жидкости
48. Интенсивность вихря
49. Потенциальное движение жидкости
50. Уравнение движения идеальной жидкости.
51. Уравнение Бернулли для струйки идеальной жидкости
52. Геометрическая интерпретация уравнения Бернулли
53. Энергетическая интерпретация уравнения Бернулли
54. Коэффициент Кориолиса
55. Уравнение Бернулли для потока идеальной жидкости
56. Уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости
57. Практическое применение уравнений Бернулли
58. Трубка Прандля
59. Трубка Вентури
60. Сопло. Диафрагма
61. Уравнение вязкой жидкости – уравнение Навье-Стокса.
62. Гидравлический, пьезометрический, геометрический уклон
63. Режимы течения жидкости.
64. Ламинарное и турбулентное движение
65. Возникновение турбулентного движения
66. Переход к ламинарному движению
67. Физический смысл числа Рейнольдса
68. Ламинарное течение в круглых трубах
69. Формула Хагена-Пуазеля
70. Потери давления (напора) при турбулентном течении в трубах
71. Формула Дарси
72. Кривые Никурадзе И.И.
73. Местные гидравлические сопротивления
74. Формула Вейсбаха
75. Истечение жидкости из отверстий
76. Истечение жидкости из насадок
77. Виды насадок
78. Гидравлический удар в трубопроводах
79. Скорость распространения гидравлической ударной волны
80. Давление ударной волны
81. Уравнение Бернулли для газов

82. Трубка Пито-Прандля.
83. Струйные течения газа
84. Общие свойства струй.
85. Структура свободной струи
86. Основные расчетные соотношения для свободных затопленных струй.
87. Скорость звука в идеальном газе
88. Критическая скорость
89. Критические параметры
90. Число Маха
91. Коэффициент скорости
92. Закон обращения воздействия
93. Геометрическое сопло
94. Основные понятия теории подобия
95. Теоремы подобия.
96. Критерии подобия
97. Физический смысл критериев подобия.
98. Анализ размерностей
99. Возникновение скачков уплотнений.
100. Понятие теплового скачка
101. Возникновение тепловых скачков.
102. Понятие пограничного слоя
103. Ламинарный пограничный слой
104. Турбулентный пограничный слой

Примеры тестовых заданий¹

Удельным весом жидкости называют
 +отношение веса тела к его объему
 -отношение сил трения к вязкости
 -отношение плотности тела к его объему
 -отношение объема тела к его весу

Сила внутреннего трения между частицами жидкости определяется выражением

$$F = \pm \mu du/dy$$

$$+ F = \pm \mu S du/dy$$

$$F = \pm S du/dy$$

$$F = \pm \mu S V du/dy$$

Основным уравнением гидростатики называют выражение

$$+ p = p_0 + \gamma h$$

$$p = p_0 + \rho h$$

¹Набор тестовых заданий расположены в системе дистанционного обучения <http://moodle.izhgsha.ru> и системе тестирования SunravTestoffice.

$$p = p_0 + \gamma \cdot m \cdot h$$

$$p = V \cdot p_0 + \gamma h$$

Кривая, проведенная через ряд точек в движущейся жидкости таким образом, что в каждой из этих точек в данный момент времени векторы скорости являются касательными к этой кривой, называется:

трубкой тока
передвижением
+ *линией тока*
траекторией

Выражение $Q_1 = Q_2 = Q_n = const$, это
основное уравнение гидростатики
+ *основное уравнение неразрывности потока*
закон Паскаля
уравнение Бернулли для потока жидкости

Изменение режимов движения жидкости описывается выражением

$$Re = Vv / d$$

+ $Re = Vd / \nu$

$$Re = V \cdot S / \nu$$
$$Re = m \cdot d / \nu$$

При $Re < Re_{кр} = 2320$ режим движения
безнапорный
хаотичный
турбулентный
+ *ламинарный*

В уравнении $z + \frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2g} = H = const$ для элементарной струйки идеальной жидко-

сти компонент z это:
скоростная высота
пьезометрическая высота
потенциальный напор системы
+ *геометрическая высота*

в) для промежуточной аттестации (экзамена)

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. Уравнение равновесия жидкости - уравнения Эйлера.

6. Поверхности равного давления.
7. Виды равновесия жидкости.
8. Основное уравнение гидростатики, закон Паскаля.
9. Свойства гидростатического давления.
10. Давление на плоскую поверхность.
11. Давление на криволинейную поверхность.
12. Гидростатический парадокс.
13. Плавание тел. Закон Архимеда.
14. Уравнение неразрывности (сплошности).
15. Струйная модель жидкости. Линии тока и траектории.
16. Вихревое движения жидкости. Интенсивность вихря.
17. Уравнение движения в напряжениях.
18. Уравнение движения идеальной жидкости.
19. Уравнение Бернулли для струйки идеальной жидкости.
20. Геометрическая интерпретация уравнения Бернулли.
21. Энергетическая интерпретация уравнения Бернулли.
22. Уравнение Бернулли для потока идеальной жидкости.
23. Уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости.
24. Практическое применение уравнений Бернулли.
25. Трубка Прандля. Трубка Вентури. Сопло. Диафрагма.
26. Уравнение вязкой жидкости – уравнение Навье-Стокса.
27. Режимы течения жидкости.
28. Физический смысл числа Рейнольдса.
29. Ламинарное течение в круглых трубах.
30. Потери давления (напора) при турбулентном течении в трубах.
31. Кривые Никурадзе И.И.
32. Местные гидравлические сопротивления.
33. Истечение жидкости из отверстий.
34. Истечение жидкости из насадок.
35. Гидравлический удар в трубопроводах.
36. Скорость распространения гидравлической ударной волны.
37. Уравнение Бернулли для газов.
38. Трубка Пито-Прандля.
39. Струйные течения газа. Общие свойства струй.
40. Структура свободной струи. Основные расчетные соотношения для свободных затопленных струй.
41. Скорость звука в идеальном газе.
42. Критическая скорость. Критические параметры.
43. Число Маха. Коэффициент скорости.
44. Закон обращения воздействия.
45. Геометрическое сопло.
46. Основные понятия теории подобия.
47. Теоремы подобия. Критерии подобия.
48. Физический смысл критериев подобия.
49. Анализ размерностей.
50. Возникновение скачков уплотнений.
51. Возникновение тепловых скачков.
52. Ламинарный пограничный слой.
53. Турбулентный пограничный слой.

Расчетно-графическая работа **Расчет сопла Лавалья**

Целью расчетно-графической работы является:

- закрепление, углубление и обобщение знаний, полученных студентами при изучении курса «Гидрогазодинамика»;
- развитие навыков самостоятельного решения конкретных инженерных задач энергетики.

Структура расчетно-графической работы

1. По выданному варианту рассчитать исходные геометрические данные.
2. По геометрическим параметрам изобразить профиль сопла Лавалья на листе формата А4. В сужающейся и расширяющейся частях сопла выделить 3...5 расчетных сечений. Измерить параметры расчетных сечений.
3. Определить газодинамическую функцию, коэффициент скорости λ в сужающейся части сопла и в расширяющейся части сопла методом последовательных итераций.
4. Определить для расчетных сечений газодинамические функции по выражениям
5. Определить критическую скорость по выражению.
6. Определить массовый расход рабочего тела для расчетных сечений.
7. Определить для расчетных сечений абсолютные значения скорости u , давления p и температуры T .
8. Построить графики изменения скорости u , давления p и температуры T по длине сопла Лавалья.

6.2 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

1. Рабочая программа дисциплины «Гидрогазодинамика»
2. Лекомцев, П.Л. Гидрогазодинамика / П.Л. Лекомцев, Е.В. Дресвянникова. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2011 г. – 144 с. Режим доступа: <http://portal.izhgsha.ru>
3. 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: РИО Ижевская ГСХА, 2017.
3. Гидрогазодинамика : практикум : Лекомцев П.Л., Дресвянникова Е.В. Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2013 г. – 46с. <http://portal.izhgsha.ru>
4. Задания, приведенные в литературе и порядок их выполнения (по заданию преподавателя)

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ГИДРОГАЗОДИНАМИКА»

7.1 Основная литература

№ п/п	Наименование	Год издания	Используется при изучении разделов	Семестр	Количество экземпляров	
					в библиотеке	на кафедре
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: РИО Ижевская ГСХА, 2017.	2017	1-3	5	http://portal.izhgsha.ru/index.php?q=docs&download=1&parent=14566&id=27771	
2	Удовин, В. Г. Гидравлика : учеб. пособие / И. А. Оденбах, Оренбургский гос. ун-т, В. Г. Удовин. — Оренбург : ОГУ, 2014. — 132 с.	2014	1-3	5	ЭБС «Руконт» http://rucont.ru	
3	Гидравлика : учебное пособие / Бухвалов Г.С., Денисов С.В., Мишанин А.Л. — Самара : РИЦ СГСХА, 2016. — 174 с.	2016	1-3	5	ЭБС «Руконт» http://rucont.ru	
4	Гидрогазодинамика : практикум : Лекомцев П.Л., Дресвянникова Е.В. Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2013 г. – 46с.	2013	1-3	5	http://portal.izhgsha.ru/index.php?q=docs&download=1&parent=14566&id=14844	

7.2 Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Автор(ы)	Год издания	Используется при изучении разделов	Семестр	Количество экземпляров	
						в библиотеке	на кафедре
1	Лекомцев, П.Л. Гидрогазодинамика / П.Л. Лекомцев, Е.В. Дресвянникова. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2011 г. – 144 с.		2011	1-3	5	http://portal.izhgsha.ru/index.php?q=docs&download=1&parent=14566&id=14869	
2	Практикум по гидравлике : учеб. пособие / В.С. Парфенов, А.В. Яшин, С.И. Щербаков, В.Н. Стригин. — Пенза : РИО ПГСХА, 2012. — 224 с.		2012	1-3	5	ЭБС «Руконт» http://rucont.ru	
3	Рубинская, А.В. Гидравлика, гидро- и пневмопривод: Сборник задач / Д.Н. Седрисев, А.В. Рубинская. — 2011. — 73 с.		2011	1-3	5	ЭБС «Руконт» http://rucont.ru	
4	Белозерцев В.Н. Основы механики жидкости / В.Н. Белозерцев [и др.]; под ред. В.Н. Белозерцева. – Самара: Изд-во Самарского гос. Аэро-		2006	1-3	5	ЭБС «Руконт» http://rucont.ru	

7.3 Перечень Интернет -ресурсов

1. Сайт ФГБОУ ВО Ижевского ГСХА » <http://izhgsha.ru>
2. Интернет портал ФГБОУ ВО «Ижевская ГСХА» <http://portal.izhgsha.ru>
3. Сайт Министерство энергетики Российской Федерации <http://minenergo.gov.ru/>
4. Сайт газеты «Энергетика и промышленность России» <http://www.eprussia.ru/>
5. ЭБС «Руконт» <http://rucont.ru>
6. ЭБС «Agrilib» <http://ebs.rgazu.ru>

7.4 Методические указания по освоению дисциплины

Перед изучением дисциплины студенту необходимо ознакомиться с рабочей программой дисциплины, размещенной на портале и просмотреть основную литературу, приведенную в рабочей программе в разделе «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины». Книги, размещенные в электронно-библиотечных системах доступны из любой точки, где имеется выход в «Интернет», включая домашние компьютеры и устройства, позволяющие работать в сети «Интернет». Если выявили проблемы доступа к указанной литературе, обратитесь к преподавателю (либо на занятиях, либо через портал академии).

Для изучения дисциплины и выполнения заданий необходимо иметь чистую тетрадь. Перед началом занятий надо бегло повторить материал из курсов дисциплин «Математика», «Физика», «Теоретическая механика».

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 подойти к преподавателю и получить индивидуальное задание по пропущенной теме.

Полученные знания и умения в процессе освоения дисциплины студенту рекомендуется применять для решения своих задач, не обязательно связанных с программой дисциплины.

Владение компетенциями дисциплины в полной мере будет подтверждаться Вашим умением решать конкретные задачи по разработке и проектированию теплоэнергетических установок и процессов, а также выявлять существующие проблемы.

Полученные при изучении дисциплины знания, умения и навыки рекомендуется использовать при выполнении выпускной квалификационной работы, а также на производственной практике

7.5 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Изучение дисциплины подразумевает использование информационных технологий:

- Поиск информации в глобальной сети Интернет
- Работа в электронно-библиотечных системах
- Работа в ЭИОС вуза (работа с порталом и онлайн-курсами в системе moodle.izhgsha.ru)
- Мультимедийные лекции
- Работа в компьютерном классе
- Компьютерное тестирование

При изучении учебного материала используется комплект лицензионного программного обеспечения следующего состава:

1. Операционная система: Microsoft Windows 10 Professional. Подписка на 3 года. Договор № 9-БД/19 от 07.02.2019. 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.

3. Информационно-справочная система (справочно-правовая система) «КонсультантПлюс». Соглашение № ИКП2016/ЛСВ 003 от 11.01.2016 для использования в учебных целях бессрочное. Обновляется регулярно. Лицензия на все компьютеры, используемые в учебном процессе.

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к следующим современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам:

Информационно-справочная система (справочно-правовая система) «КонсультантПлюс».

«1С: Предприятие 8 через Интернет для учебных заведений» (<https://edu.1cfresh.com/>) со следующими приложениями: 1С: Бухгалтерия 8, 1С: Управление торговлей 8, 1С:ERP Управление предприятием 2, 1С: Управление нашей фирмой, 1С: Зарплата и управление персоналом. Облачный сервис.

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ГИДРОГАЗОДИНАМИКА»

<p>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: переносной компьютер, проектор, доска, экран.</p>
<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (практических занятий).</p> <p>Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: компьютеры с необходимым программным обеспечением, выходом в «Интернет» и корпоративную сеть.</p>
<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (лабораторных занятий).</p> <p>Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: переносной ноутбук, лабораторное оборудование: стенд "Аэродинамический стенд"; стенд "Гидродинамический стенд"; стенд "Комплект оборудования системы вентиляции".</p>
<p>Помещение для самостоятельной работы.</p> <p>Помещение оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.</p>
<p>Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования</p>

ФОНДОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения
промежуточной аттестации студентов
по итогам освоения дисциплины

ГИДРОГАЗОДИНАМИКА

Направление подготовки *«Теплоэнергетика и теплотехника»*

Профиль подготовки *«Энергообеспечение предприятий»*

Квалификация выпускника – *бакалавр*

Форма обучения – *очная, заочная*

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ГИДРОГАЗОДИНАМИКА

Цель промежуточной аттестации - проверка степени усвоения студентами учебного материала за время изучения дисциплины, уровня сформированности компетенций после завершения изучения дисциплины.

Студенту необходимо представить отчеты по выполненным лабораторным работам.

Аттестация проходит в форме экзамена. При полностью выполненных заданиях и ответах на вопросы студент может получить максимальную оценку «отлично».

Задачи промежуточной аттестации:

1. определение уровня усвоения учебной дисциплины;
2. определение уровня сформированности элементов профессиональных компетенций.

ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства для проверки знаний (1-й этап)	Оценочные средства для проверки умений (2-й этап)	Оценочные средства для проверки владений (навыков) (3-й этап)
1.	Общая гидродинамика	ОПК-2, ПК-4	п. 3.1.1	п. 3.2.1	п. 3.3.1
2.	Прикладная гидродинамика	ОПК-2, ПК-4	п. 3.1.2	п. 3.2.2	п. 3.3.2
3.	Газодинамика	ОПК-2, ПК-4	п. 3.1.3	п. 3.2.3	п. 3.3.3

1. ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ С УКАЗАНИЕМ ЭТАПОВ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Перечень компетенций и этапы их формирования

Но-мер/инд экс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
		Знать (1-й этап)	Уметь (2-й этап)	Владеть (3-й этап)
ОПК-2	способностью 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	базовые закономерности естественнонаучных дисциплин	анализировать во взаимосвязи явления и процессы, применять для их разрешения основные законы естествознания	методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования, методологией самостоятельной работы
ПК-4	способностью к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата	закономерности обработки информации, требования при проведении технико-экономического обоснования проектных работ	анализировать и проводить анализ при выборе сравнимых проектных решений или отдельных их решений	методологией технико-экономического обоснования и стандартными методиками оценки отдельных решений

Бакалавр должен быть готов к выполнению задач по следующим видам деятельности:
 расчетно-проектная и проектно-конструкторская деятельность: участие в сборе и анализе информационных исходных данных для проектирования;

научно-исследовательская деятельность: изучение научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования; проведение измерений и наблюдений, составление описания проводимых исследований; подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций;

организационно-управленческая деятельность: планирование работы персонала; выполнение работ по одной или нескольким должностям служащих;

производственно-технологическая деятельность: контроль соблюдения технологической дисциплины; участие в работах по освоению и доводке технологических процессов в ходе подготовки производства продукции; контроль соблюдения экологической безопасности на производстве;

монтажно-наладочная деятельность: участие в монтажных, пусконаладочных работах, предварительных испытаниях, опытной эксплуатации и приемке (сдаче) в эксплуатацию энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования в целом, а также изделий, узлов, систем и деталей в отдельности;

сервисно-эксплуатационная деятельность: обслуживание технологического оборудования; выполнение работ по одной или нескольким профессиям рабочих.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть основными требованиями, характеризующими профессиональную деятельность бакалавров.

знать основные физические свойства жидкостей и газов, общие законы и уравнения статистики, 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;

уметь рассчитывать гидродинамические параметры потока жидкости (газа) при внешнем обтекании тел и течения в каналах (трубах), проточных частях гидро-газодинамических машин; проводить гидравлический расчет трубопроводов;

владеть методиками проведения типовых гидродинамических расчетов гидромеханического оборудования и трубопроводов.

2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ

Сформированность каждой компетенции в рамках освоения дисциплины оценивается по шкале:

- *удовлетворительно*, является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;
- *хорошо*, характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенции по завершении освоения дисциплины;
- *отлично*, характеризуется максимально возможной выраженностью компетенции и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

Для оценки сформированности компетенций в рамках дисциплины в целом, преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в ответах студента на экзаменационные вопросы, решение задач, а также результаты участия в научной работе, олимпиадах и конкурсах.

Показателями уровня освоенности компетенций на всех этапах их формирования являются:

1-й этап (уровень знаний):

- Умение отвечать на основные вопросы и тесты на уровне понимания сути – удовлетворительно (3).
- Умение грамотно рассуждать по теме задаваемых вопросов – хорошо (4)
- Умение формулировать проблемы по сути задаваемых вопросов – отлично (5)

2-й этап (уровень умений):

- Умение решать простые задачи с незначительными ошибками - удовлетворительно (3).
- Умение решать задачи средней сложности – хорошо (4).
- Умение решать задачи повышенной сложности, самому ставить задачи – отлично (5).

3-й этап (уровень владения навыками):

- Умение формулировать и решать задачи из разных разделов с незначительными ошибками - удовлетворительно (3).
- Умение находить проблемы, решать задачи повышенной сложности – хорошо (4).
- Умение самому ставить задачи, находить недостатки и ошибки в решениях – отлично (5).

3. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

3.1 Типовые задания для оценки знаний, приобретаемые в ходе изучения дисциплины (1-й этап)

3.1.1 Модуль 1. Общая гидродинамика

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 Прандля. Трубка Вентури. Сопло. Диафрагма.
11. Плавание тел. Закон Архимеда.
12. Уравнение вязкой жидкости – уравнение Навье-Стокса.

3.1.2 Модуль 2. Прикладная гидродинамика

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.

3.1.3 Модуль 3. Газодинамика.

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.

3.2 Типовые задания для оценки умений, приобретаемые в ходе изучения дисциплины (2-й этап)

3.2.1 Модуль 1. Общая гидродинамика

1. Уравнение равновесия жидкости - уравнения Эйлера
2. Поверхности равного давления.
3. Виды равновесия жидкости.
4. Основное уравнение гидростатики, закон Паскаля.
5. Давление на плоскую поверхность.
6. Давление на криволинейную поверхность.

7. Уравнение движения в напряжениях.
8. Уравнение движения идеальной жидкости.
9. Уравнение Бернулли для струйки идеальной жидкости.
10. Геометрическая интерпретация уравнения Бернулли.
11. Энергетическая интерпретация уравнения Бернулли.
12. Уравнение Бернулли для потока идеальной жидкости.
13. Уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости.
14. Практическое применение уравнений Бернулли.

3.2.2 Модуль 2. Прикладная гидродинамика

1. Ламинарное течение в круглых трубах.
2. Потери давления (напора) при турбулентном течении в трубах.
3. Местные гидравлические сопротивления.
4. Истечение жидкости из отверстий.
5. Истечение жидкости из насадок.
6. Скорость распространения гидравлической ударной волны.
7. Теоремы подобия. Критерии подобия.
8. Анализ размерностей.

3.2.3 Модуль 3. Газодинамика.

1. Основные расчетные соотношения для свободных затопленных струй.
2. Расчет параметров свободной струи
3. Расчет параметров геометрического сопла
4. Критическая скорость. Критические параметры.
5. Закон обращения воздействия.
6. Возникновение скачков уплотнений.
7. Возникновение тепловых скачков.

3.3 Типовые задания для оценки навыков, приобретаемые в ходе изучения дисциплины (3-й этап)

3.3.1 Модуль 1. Общая гидродинамика

1. 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 γ и плотность жидкости ρ .
2. Кинематическая вязкость нефти $\nu=0,4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2/\text{с}$ при температуре $t=15$ °С и удельный вес ее $\gamma=8820 \text{ Н}/\text{м}^3$. Определить динамическую вязкость μ нефти.
3. Определить кинематическую и динамическую вязкость воды при температуре 50 °С (давление $p=100\,000$ Па).
4. Давление, действующее на свободную поверхность воды в сосуде, составляет $P_0=150 \text{ кН}/\text{м}^2$. Определить абсолютное и избыточное (манометрическое) давление в точке, находящейся на глубине $h=1,8$ м. Найти пьезометрическую высоту $h_{изб}$ для этой точки. Атмосферное давление $P_{атм}=98 \text{ кПа}$,
5. Точка A 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 A величину абсолютного давления, а также величину P_0 . Атмосферное давление $P_{атм}=98 \text{ кПа}$.
6. Проверить устойчивость подпорной стенки на сдвиг, если глубина воды перед стенкой $h=1,5$ м, плотность воды $\rho=1000 \text{ кг}/\text{м}^3$, плотность кладки стенки $\rho_k=2000 \text{ кг}/\text{м}^3$, высота стенки $H=2,0$ м, ширина стенки $b=1,0$ м, длина $l=6$ м. Коэффициент трения кладки стенки о грунт $f=0,4$.
7. Резервуар, представляющий собой квадратную призму, со сторонами основания $a=4$ м и

высотой $H = 5$ м, заполненный Бенином, погружен в воду. Определить давление на дно резервуара p и глубину погружения h , если $\rho_6 = 0,88 \cdot 10^3$ кг/м³, $\rho_в = 10^3$ кг/м³.

8. 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 $G_6 = 250$ кН.

3.3.2 Модуль 2. Прикладная гидродинамика

1. 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° С ($\nu = 1,39 \cdot 10^{-6}$ м²/с).
2. Как изменится число Рейнольдса при изменении диаметра трубопровода и сохранении постоянства расхода $Q = \text{const}$.
3. Определить потерю напора на внезапное расширение трубопровода $h_{вн.р}$, если известны показания пьезометров $P_1/\gamma = 16$ см и $P_2/\gamma = 30$ см, диаметр трубы $d_1 = 20$ мм и $d_2 = 50$ мм, расход $Q = 1$ л/с.
4. На рисунке представлен водомер Вентури для измерения расхода воды в трубопроводе. Определить расход воды Q , если разность уровней в трубах ртутного манометра $h_{рт} = 15$ см, диаметр трубы $d_1 = 150$ мм, диаметр горловины (сужение) $d_2 = 50$ мм. Потерями напора в водомере пренебречь.
5. 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: $\nu_{ж} = 1 \cdot 10^{-6}$ м²/с; $Q = 0,01$ м³/с.
6. По трубопроводу диаметром d длиной l (рисунок) Двигается жидкость (вода, $\nu = 1 \cdot 10^{-6}$ м²/с). Определить потерю напора h , при которой происходит смена ламинарного режима течения на турбулентный. Исходные данные: $d = 0,01$ м; $l = 50$ м.
7. При внезапном расширении трубопровода скорость жидкости в трубе большего диаметра равна v_2 (рисунок). Большой и малый диаметры трубы соответственно равны D и d , причем $D/d = 2$. Определить разность показаний пьезометров h . Исходные данные: $v_2 = 0,3$ м/с; $D = 0,2$ м; $d = 0,1$ м.

3.3.3 Модуль 3. Газодинамика.

1. Определить естественную тягу вентиляционной шахты высотой $h = 10$ м, если температура воздуха в помещении $t_в$, °С, а снаружи $t_н$, С.
2. Определить потери давления в вентиляционной шахте сечением 140×140 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 $0,2$.
3. Определить, с какой силой действует ветер на щит размером 2×2 м. Скорость ветра равна V , м/с, коэффициент ветрового давления $k_v = 1$, а температура воздуха составляет -40° С.
4. В какой части сопла Лавалля изменение площади поперечного сечения больше влияет на скорость газа: вблизи критического или вблизи выходного сечения
5. Найти диаметр выходного сечения конфузторного сопла, обеспечивающего маховый расход $1,5$ кг/с при давлении торможения 10^6 Па, температуре торможения 300 К, давлении во внешней среде 10^5 Па.

Расчетно-графическая работа **Расчет сопла Лавалья**

Целью расчетно-графической работы является:

- закрепление, углубление и обобщение знаний, полученных студентами при изучении курса «Гидрогазодинамика»;
- развитие навыков самостоятельного решения конкретных инженерных задач энергетики.

Структура расчетно-графической работы

1. По выданному варианту рассчитать исходные геометрические данные.
2. По геометрическим параметрам изобразить профиль сопла Лавалья на листе формата А4. В сужающейся и расширяющейся частях сопла выделить 3...5 расчетных сечений. Измерить параметры расчетных сечений.
3. Определить газодинамическую функцию, коэффициент скорости λ в сужающейся части сопла и в расширяющейся части сопла методом последовательных итераций.
4. Определить для расчетных сечений газодинамические функции
5. Определить критическую скорость.
6. Определить массовый расход рабочего тела для расчетных сечений.
7. Определить для расчетных сечений абсолютные значения скорости v , давления p и температуры T .
8. Построить графики изменения скорости v , давления p и температуры T по длине сопла Лавалья.

Примеры вопросов для расчетно-графической работы

1. Что является исходными данными для расчета сопла Лавалья.
2. По каким параметрам можно изобразить сопло Лавалья.
3. Как выделяют расчетные сечения сопла Лавалья.
4. Каким образом находят газодинамическую функцию.
5. Что такое метод последовательных итераций.
6. Как определяют критическую скорость.
7. Как определяют массовый расход воздуха.
8. Как определяют абсолютное значение скорости.
9. Как определяют значения давления и температуры.
10. Что характеризуют функциональные зависимости скорости, температуры и давления по длине сопла Лавалья.
11. При каких параметрах давления и температуры скорость воздуха преодолевает скорость звука.

Вопросы для подготовки к экзамену

Дифференциальные характеристики поля, используемые в гидрогазодинамике.
Основные интегральные соотношения теории поля, используемые в гидрогазодинамике.
Основные физические свойства жидкостей и газов.
Классификация сил, действующих на жидкость.
Уравнение равновесия жидкости - уравнения Эйлера.
Поверхности равного давления.
Виды равновесия жидкости.
Основное уравнение гидростатики, закон Паскаля.
Свойства гидростатического давления.

Давление на плоскую поверхность.
Давление на криволинейную поверхность.
Гидростатический парадокс.
Плавание тел. Закон Архимеда.
Уравнение неразрывности (сплошности).
Струйная модель жидкости. Линии тока и траектории.
Вихревое движения жидкости. Интенсивность вихря.
Уравнение движения в напряжениях.
Уравнение движения идеальной жидкости.
Уравнение Бернулли для струйки идеальной жидкости.
Геометрическая интерпретация уравнения Бернулли.
Энергетическая интерпретация уравнения Бернулли.
Уравнение Бернулли для потока идеальной жидкости.
Уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости.
Практическое применение уравнений Бернулли.
Трубка Прандля. Трубка Вентури. Сопло. Диафрагма.
Уравнение вязкой жидкости – уравнение Навье-Стокса.
Режимы течения жидкости.
Физический смысл числа Рейнольдса.
Ламинарное течение в круглых трубах.
Потери давления (напора) при турбулентном течении в трубах.
Кривые Никурадзе И.И.
Местные гидравлические сопротивления.
Истечение жидкости из отверстий.
Истечение жидкости из насадок.
Гидравлический удар в трубопроводах.
Скорость распространения гидравлической ударной волны.
Уравнение Бернулли для газов.
Трубка Пито-Прандля.
Струйные течения газа. Общие свойства струй.
Структура свободной струи. Основные расчетные соотношения для свободных затопленных струй.
Скорость звука в идеальном газе.
Критическая скорость. Критические параметры.
Число Маха. Коэффициент скорости.
Закон обращения воздействия.
Геометрическое сопло.
Основные понятия теории подобия.
Теоремы подобия. Критерии подобия.
Физический смысл критериев подобия.
Анализ размерностей.
Возникновение скачков уплотнений.
Возникновение тепловых скачков.
Ламинарный пограничный слой.
Турбулентный пограничный слой.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Совокупность ожидаемых результатов образования студентов в форме компетенций по завершении освоения дисциплины	Компетенции	Содержание оценочных заданий для выявления сформированности компетенций у студентов по завершении освоения дисциплины (уровень освоения)		
		Удовлетворительно (3)	Хорошо (4)	Отлично (5)
Знать (1-й этап): базовые закономерности естественнонаучных дисциплин	ОПК-2	Обучающийся имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки	Обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос	Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает
Уметь (2-й этап): анализировать во взаимосвязи явления и процессы, применять для их разрешения основные законы естествознания	ОПК-2	Содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, при ответе на поставленный вопрос Обучающийся допускает неточности, недостаточно правильные формулировки методов расчета.	Содержание курса освоено полностью, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. Обучающийся твердо знает методы расчета.	Обучающийся глубоко и прочно усвоил материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает. Выполнены все предусмотренные программой обучения задания.
Владеть (3-й этап): методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования, методологией самостоятельной работы	ОПК-2	Содержание дисциплины освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, задания выполнены, но в них имеются ошибки, при решении задач и при ответе на поставленный вопрос Обучающийся допускает неточно-	Содержание дисциплины освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, Обучающийся твердо знает методы расчета и определения режимных характеристик..	Обучающийся глубоко и прочно усвоил материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает. Сформированы практические компетенции. Умеет тесно увязывать теорию с практикой.

		сти.		
Знать (1-й этап): закономерности обработки информации, требования при проведении технико-экономического обоснования проектных разработок	ПК-4	Обучающийся имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки	Обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос	Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает
Уметь (2-й этап): анализировать и проводить анализ при выборе сравнимых предпроектных решений или отдельных их решений	ПК-4	Содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, при ответе на поставленный вопрос Обучающийся допускает неточности, недостаточно правильные формулировки методов расчета.	Содержание курса освоено полностью, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. Обучающийся твердо знает методы расчета.	Обучающийся глубоко и прочно усвоил материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает. Выполнены все предусмотренные программой обучения задания.
Владеть (3-й этап): методологией технико-экономического обоснования и стандартными методиками оценки отдельных решений	ПК-4	Содержание дисциплины освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, задания выполнены, но в них имеются ошибки, при решении задач и при ответе на поставленный вопрос Обучающийся допускает неточности.	Содержание дисциплины освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, Обучающийся твердо знает методы расчета и определения режимных характеристик..	Обучающийся глубоко и прочно усвоил материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает. Сформированы практические компетенции. Умеет тесно увязывать теорию с практикой.

Освоение дисциплины заканчивается промежуточной аттестацией обучающихся.

Промежуточная аттестация призвана оценить компетенции, сформированные у обучающихся в процессе обучения и обеспечить контроль качества освоения программы. Для контроля результатов освоения обучающимися учебного материала по дисциплине, проверка и оценка знаний, полученных за семестр (курс), развития творческого мышления, приобретения навыков самостоятельной работы, умения применять теоретические знания при решении практических задач, оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированных компетенций обучающихся предусматривается экзамен.

Экзамен может быть проведен в устной форме, в форме письменной работы или тестирования. Экзамены оцениваются по четырехбалльной системе: *«отлично»*, *«хорошо»*, *«удовлетворительно»*, *«неудовлетворительно»*.

Отметка **«отлично»** выставляется обучающемуся, если он усвоил материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с вопросами и другими видами применения знаний, не затрудняется с ответом при видоизменении вопросов, обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Отметка **«хорошо»** выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

Отметка **«удовлетворительно»** выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.

Отметка **«неудовлетворительно»** выставляется обучающемуся, который не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы

Примеры экзаменационных билетов

Ижевская государственная сельскохозяйственная академия
2020/21 учебный год
ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

по дисциплине «Гидрогазодинамика»

1. Струйная модель жидкости. Линии тока и траектории.
2. Геометрическая интерпретация уравнения Бернулли.
3. Кинематическая вязкость нефти $\nu=0,4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2/\text{с}$ при температуре $t = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ и удельный вес ее $\gamma=8820 \text{ Н/м}^3$. Определить динамическую вязкость μ нефти.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «___» _____ 20_ г.
Зав. кафедрой Ниязов А.М.


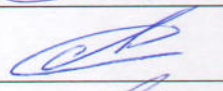




Ижевская государственная сельскохозяйственная академия
2020/21 учебный год
ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2

по дисциплине «Гидрогазодинамика»

1. Основные физические свойства жидкостей и газов.
2. Скорость распространения гидравлической ударной волны.
3. Избыточное давление, измеренное на глубине моря $h = 300 \text{ м}$, составляет $3,1 \text{ МПа}$. Определить плотность морской воды.

Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «___» _____ 20_ г.
Зав. кафедрой Ниязов А.М.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ²

Номер изменения	Номер измененного листа	Дата внесения изменения и номер протокола	Подпись ответственного за внесение изменений
1	26-28, 34	№ 2 от 14.09.2016	
2	28, 35	№ 2 от 22.09.2017	
3	26-28	№ 13 от 23.04.2018	
4	28, 35, 36, 42	№ 9 от 26.06.2018	
5	26-29	№ 11 от 26.06.2020	
6	26, 28	№ 15 от 20.11.2020	
7	26, 28	№ 1 от 31.08.21	