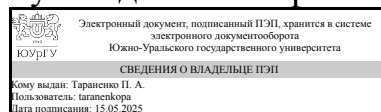


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель направления



П. А. Тараненко

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.02.М9.02 Средства вычислительной гидрогазодинамики
для направления 15.03.03 Прикладная механика

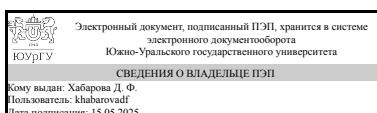
уровень Бакалавриат

форма обучения очная

кафедра-разработчик Гидравлика и гидропневмосистемы

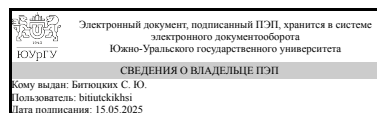
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика, утверждённым приказом Минобрнауки от 09.08.2021 № 729

Зав.кафедрой разработчика,
к.техн.н.



Д. Ф. Хабарова

Разработчик программы,
к.техн.н., доцент



С. Ю. Битюцких

1. Цели и задачи дисциплины

Обеспечить студентов полноценными знаниями основ работы с коммерческими решателями на примере программной среды ANSYS Workbench, сформировать у слушателей опыт решения задач в области вычислительной гидрогазодинамики и применить базовые знания слушателей на практике при исследовании конкретных физических явлений.

Краткое содержание дисциплины

Дисциплина охватывает теоретические и практические аспекты изучения движения газожидкостных сред в различных областях промышленности. Студенты осваивают навыки анализа, моделирования и оптимизации процессов, протекающих в гидрогазодинамических системах. Полученные знания позволят студентам применять теорию на практике и решать реальные инженерные задачи. Дисциплина способствует развитию комплексного понимания работы систем, в которых происходит движение, а также взаимодействие газов и капельных жидкостей с поверхностями внутренней проточной части технологического оборудования.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	Знает: основные математические модели гидрогазодинамических процессов; принципы дискретизации уравнений гидрогазодинамики; алгоритмы численных решений; основы построения вычислительных сеток; основы параллельных вычислений и оптимизации вычислительных процессов; принципы обработки визуальных данных Умеет: формулировать математические модели для конкретных гидрогазодинамических задач; выбирать оптимальные численные методы и алгоритмы для поставленных задач; проводить анализ устойчивости и сходимости численных схем; интерпретировать результаты расчетов; оценивать погрешности моделирования и корректировать вычислительные параметры Имеет практический опыт: работы с CFD программами; постобработка данных: построение графиков, анимаций, изоповерхностей; отладка вычислительных моделей при расхождении решений; использование суперкомпьютерных систем для ресурсоемких расчетов; работы в команде над проектами
УК-6 Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни	Знает: основные математические модели гидрогазодинамических процессов; принципы дискретизации уравнений гидрогазодинамики; алгоритмы численных решений; основы построения вычислительных сеток; основы

	параллельных вычислений и оптимизации вычислительных процессов; принципы обработки визуальных данных Умеет: формулировать математические модели для конкретных гидрогазодинамических задач; выбирать оптимальные численные методы и алгоритмы для поставленных задач; проводить анализ устойчивости и сходимости численных схем; интерпретировать результаты расчетов; оценивать погрешности моделирования и корректировать вычислительные параметры Имеет практический опыт: работы с CFD программами; постобработка данных: построение графиков, анимаций, изоповерхностей; отладка вычислительных моделей при расходимости решений; использования суперкомпьютерных систем для ресурсоемких расчетов; работы в команде над проектами
--	--

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.Ф.02.М14.01 Конкурентные рыночные структуры и механизмы их обеспечения, 1.Ф.02.М17.01 Основы судебно-экспертной деятельности, 1.Ф.02.М11.01 Основы 3D моделирования, 1.Ф.02.М5.01 Электронные устройства и средства автоматизации, 1.Ф.02.М2.01 Современные методы компьютерного геометрического моделирования, 1.Ф.02.М4.01 Цифровые методы обработки пространственных данных, 1.Ф.02.М12.01 Литейные технологии заготовительного производства, 1.Ф.02.М1.01 Базовые концепции логистического управления, 1.Ф.02.М15.01 Создание цифровых моделей деталей и механизмов в CAD-системах, 1.Ф.02.М9.01 Прикладная гидрогазодинамика, 1.Ф.02.М3.01 Управление коммуникациями, 1.Ф.02.М10.01 Практическая грамматика русского языка как иностранного, 1.Ф.02.М7.01 Основы организации рабочих процессов поршневых двигателей, 1.Ф.02.М16.01 Физические основы электротехники, 1.О.10 Алгебра и геометрия, 1.Ф.02.М8.01 Генерация и валидация идей технологического стартапа, 1.Ф.02.М13.01 Сенсоры и динамические измерения, Учебная практика (практика по получению первичных профессиональных умений и	1.Ф.02.М14.03 Организация закупок товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц, 1.Ф.02.М17.03 Экспертные исследования документов, 1.Ф.02.М15.03 Технологическое программирование, 1.Ф.02.М7.03 Моделирование материалов в двигателестроении: получение, структура, свойства, 1.Ф.02.М2.03 Основы архитектурно-дизайнерского проектирования, приемы компьютерного моделирования, 1.Ф.02.М12.03 Проектирование сварных соединений в изделии, 1.Ф.02.М11.03 Основы промышленного дизайна, 1.Ф.02.М13.03 Интеллектуальные системы управления робототехническими комплексами, 1.О.06 Правоведение, 1.Ф.02.М4.03 Мониторинг экологического состояния земель в условиях городской среды, 1.Ф.02.М16.03 Электрооборудование промышленных предприятий и установок, 1.О.07 Психология, 1.О.09 Техничко-экономический анализ проектных решений, 1.Ф.02.М8.03 Бизнес-модель стартапа, 1.Ф.02.М5.03 Компьютерные и промышленные интерфейсы и сети, 1.Ф.02.М1.03 Управление производственными процессами в логистике, 1.Ф.02.М10.03 Практическая стилистика научной

навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности) (2 семестр)	речи, 1.Ф.02.М9.03 Моделирование гидравлических и пневматических машин, Производственная практика (научно-исследовательская) (6 семестр)
--	--

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
1.Ф.02.М7.01 Основы организации рабочих процессов поршневых двигателей	Знает: теоретические основы рабочих процессов поршневых двигателей; принципы организации рабочих процессов и методы их расчета Умеет: выполнять подбор необходимых математических моделей и программных комплексов для выполнения расчетов определенных рабочих процессов и определения заданных параметров; решать задачи оптимизации параметров рабочих процессов Имеет практический опыт: выполнения математического моделирования и расчетного определения параметров процессов в рамках заданных ресурсов и ограничений; проведения анализа полученных результатов
1.Ф.02.М8.01 Генерация и валидация идей технологического стартапа	Знает: понятие и инструменты технологического бизнеса; процесс планирования, проектирования и разработки технологий эффективного производства продуктов технологического предпринимательства; основы дизайн-мышления и методы генерирования идей Умеет: генерировать технологические бизнес-идеи и проводить их маркетинговую валидацию, разрабатывать план процесса customer development; определять подходящие инструменты маркетинга для решения задач рыночного продвижения бизнес-идеи Имеет практический опыт: селекции технологических бизнес-идей по различным критериям в условиях ресурсных ограничений, валидации бизнес-идей, проведения маркетинговых исследований
1.Ф.02.М2.01 Современные методы компьютерного геометрического моделирования	Знает: методы проецирования и построения изображений геометрических фигур технологического оборудования, его деталей и узлов с использованием средств автоматизации проектирования и в соответствии с техническим заданием. Знает требования стандартов ЕСКД на составление и оформление типовой технической документации деталей, сборочных единиц и элементов конструкций Умеет: анализировать форму предметов в натуре и по чертежам на основе методов построения изображений геометрических фигур, проектировать технологическое оборудование с использованием средств автоматизации проектирования и в соответствии с техническим заданием. Умеет

	составлять и оформлять типовую техническую документацию на основе использования информационных технологий, в том числе современных средств компьютерной графики, графически отображать геометрические образы изделий Имеет практический опыт: владеет решением метрических и позиционных задач, методами проецирования и изображения пространственных объектов при проведении расчётов по типовым методикам; на основе методов построения изображений геометрических фигур может проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования и в соответствии с техническим заданием; в соответствии с требованиями ЕСКД на основе знания графических пакетов умеет применять новые компьютерные технологии при составлении конструкторской документации изделия «3D-модель - 2D-чертёж»
1.Ф.02.М9.01 Прикладная гидрогазодинамика	Знает: основные понятия и законы гидрогазодинамики; основы математического моделирования; принципы работы с вычислительными программными пакетами; физико-математические аспекты моделирования процессов в вычислительных программных пакетах Умеет: применять численные методы для решения задач гидрогазодинамики; анализировать и интерпретировать результаты расчетов; проектировать вычислительные эксперименты; оптимизировать вычислительные процессы Имеет практический опыт: практическая работа с CFD пакетами; разработка простых CFD моделей; верификация и валидация численных моделей
1.Ф.02.М17.01 Основы судебно-экспертной деятельности	Знает: особенности назначения и производства экспертиз отдельных видов, теоретические основы экспертологии, традиционных криминалистических экспертиз Умеет: применять современные методы и возможности судебных экспертиз Имеет практический опыт: классификации судебных экспертиз на роды и виды, применения полученных знаний в области судебной экспертологии
1.Ф.02.М14.01 Конкурентные рыночные структуры и механизмы их обеспечения	Знает: основные формы рыночной концентрации, признаки недобросовестной конкуренции, доминирующего положения на рынке; функции и полномочия антимонопольных органов, инструменты реализации государственной конкурентной политики Умеет: анализировать процессы концентрации производства и деятельности естественных монополий; выявлять формы злоупотребления доминирующим положением на рынке, риски, угрозы, ограничения конкуренции Имеет практический опыт: владения методами анализа

	состояния конкурентной среды на товарных рынках; оценки экономических мер господдержки развития конкуренции
1.Ф.02.М12.01 Литейные технологии заготовительного производства	Знает: виды, особенности и оптимальные способы технологических операций литья Умеет: осуществлять подбор технологической оснастки и оборудования для выполнения технологических операций литья Имеет практический опыт: разработки литейных технологий заготовительного производства
1.Ф.02.М3.01 Управление коммуникациями	Знает: виды ресурсов и ограничений, основные методы оценки разных способов решения профессиональных задач, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений; специфику, разновидности, инструменты и возможности современных коммуникативных технологий для академического и профессионального взаимодействия Умеет: устанавливать коммуникации, обеспечивающие успешную работу в проектах Имеет практический опыт: владеть методиками разработки цели и задач проекта на основе эффективных коммуникаций; разработки коммуникационной сети для реализации своей роли и взаимодействия внутри команды
1.Ф.02.М5.01 Электронные устройства и средства автоматизации	Знает: терминологию, основные определения; принципы действия и математического описания электронных элементов систем автоматизации; методы расчета электрических цепей аналоговых и цифровых электронных устройств; методы и средства автоматизации схемотехнического моделирования и проектирования электрических схем; основы конструирования радиоэлектронной аппаратуры включая разработку печатных плат; условные графические обозначения электронных приборов и устройств; цифровые и аналоговые устройства электронной техники; способы представления информации; основы дискретной математики и алгебры логики; государственные стандарты правил выполнения электрических схем; основы цифровой и импульсной техники; устройства сопряжения с объектом для цифровых систем; современную элементную базу электроники; информационную и библиографическую культуру в области электронной техники Умеет: решать стандартные задачи профессиональной деятельности в области электронной техники; проводить анализ и разработку структурных и принципиальных схем современных электронных устройств; вести расчеты электрических цепей аналоговых и цифровых электронных устройств; применять методы моделирования процессов и систем; выбирать элементы электронных схем для решения

	поставленной задачи; интерпретировать экспериментальные данные и сопоставлять их с теоретическими положениями; проектировать и разрабатывать печатные платы простейших электронных устройств систем автоматизации; составлять схемы замещения различных электронных устройств; проводить исследования электронных схем с использованием средств схемотехнического моделирования подбирать литературные источники для решения задач по тематике данной учебной дисциплины с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности Имеет практический опыт: настройки и отладки электронных устройств; владения методиками расчета и экспериментального определения параметров электронных устройств, синтеза логических схем; работы с современными техническими средствами и информационными технологиями в профессиональной области, прикладными программами для решения инженерных задач электроники и моделирования электронных схем
1.Ф.02.М15.01 Создание цифровых моделей деталей и механизмов в САД-системах	Знает: методы создания цифровых моделей деталей и механизмов в САД-системах, методы создания цифровых моделей деталей и механизмов в САД-системах Умеет: применять САД-системы для проектирования деталей и механизмов машиностроительного назначения, применять САД-системы для проектирования деталей и механизмов машиностроительного назначения Имеет практический опыт: владения приемами создания цифровых моделей в САД-системах, владения приемами создания цифровых моделей в САД-системах
1.Ф.02.М4.01 Цифровые методы обработки пространственных данных	Знает: общую классификацию геоинформационных программных комплексов; основные современные виды геодезического и картографического программного обеспечения; возможные направления использования ГИС в качестве источников открытой к использованию информации Умеет: осуществлять основные виды геодезических измерений с использованием электронных тахеометров, геодезических спутниковых приемников, лазерных дальномеров в области строительства Имеет практический опыт: обработки данных геодезических измерений с использованием общего универсального и специального инструментального программного обеспечения; выполнять отдельные виды имитационного моделирования средствами ГИС-программных пакетов
1.Ф.02.М1.01 Базовые концепции логистического управления	Знает: теоретические основы логистического управления, принципы организации и

	управления цепями поставок, методы оптимизации логистических процессов, критерии оценки эффективности логистических операций, способы создания ценности для конечного потребителя через логистическое управление Умеет: анализировать логистические процессы в цепях поставок, выявлять проблемы и «узкие места» в логистических операциях, применять базовые концепции логистического управления для оптимизации процессов, рассчитывать ключевые показатели эффективности логистической деятельности, разрабатывать и внедрять меры по повышению эффективности логистических операций Имеет практический опыт: работы с инструментами и методами логистического анализа, планирования и координации логистических операций, принятия решений в условиях неопределённости и изменчивости внешней среды, мониторинга и контроля выполнения логистических планов и задач, взаимодействия с участниками цепи поставок для обеспечения согласованности и эффективности операций
1.Ф.02.М10.01 Практическая грамматика русского языка как иностранного	Знает: способы формулировки цели и задач на русском языке в соответствии с грамматическими нормами русского языка, приемы планирования и выстраивания траектории профессионального развития (совершенствования грамматических навыков на русском языке как иностранном) Умеет: формулировать цели и задач на русском языке в соответствии с грамматическими нормами русского языка, а также исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений, планировать и выстраивать траекторию своего профессионального развития (совершенствования грамматических навыков на русском языке как иностранном) на основе навыков самоконтроля Имеет практический опыт: формулирования целей и задач на русском языке в соответствии с грамматическими нормами русского языка, планирования траектории развития и совершенствования своих грамматических навыков на русском языке как иностранном
1.Ф.02.М11.01 Основы 3D моделирования	Знает: методы проецирования и построения изображений геометрических фигур технологического оборудования, его деталей и узлов с использованием средств автоматизации проектирования и в соответствии с техническим заданием Умеет: анализировать форму предметов в натуре и по чертежам на основе методов построения изображений геометрических фигур, проектировать технологическое оборудование с использованием средств автоматизации проектирования и в соответствии с техническим

	заданием Имеет практический опыт: решения метрических и позиционных задач, владения методами проецирования и изображения пространственных объектов при проведении расчётов по типовым методикам; на основе методов построения изображений геометрических фигур может проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования и в соответствии с техническим заданием
1.О.10 Алгебра и геометрия	Знает: методы решения линейных уравнений, основы линейного программирования, основные понятия линейной алгебры и аналитической геометрии; основы векторного и матричного исчисления, базовые понятия тензорной алгебры Умеет: методы применения математического аппарата для решения задач оптимизации, разбирать доказательства теорем, решать типовые задачи; использовать математический аппарат для освоения теоретических основ механики твердого деформируемого тела Имеет практический опыт: решения задач оптимизации, анализа и синтеза информации, а также использования математического аппарата применительно к решению задач механики
1.Ф.02.М13.01 Сенсоры и динамические измерения	Знает: элементы теории надежности технических систем, задачи, стоящие перед диагностикой и их организацию на предприятиях, стратегии и организацию технического обслуживания и ремонта, методы и средства измерений электрических величин, виды измерительных приборов и принципы их работы Умеет: рассчитывать показатели надежности в тех объемах, как это требует нормативно-техническая документация, разрабатывать систему ТОиР и организовывать техническое обслуживание и ремонт мехатронных систем на предприятии, составлять измерительные схемы, выбирать средства измерения Имеет практический опыт: разработки способов/моделей диагностирования мехатронных и робототехнических систем, использования средств измерительной техники, обработки и анализа результатов измерений
1.Ф.02.М16.01 Физические основы электротехники	Знает: терминологию, основные определения электронной техники; суть физических процессов, лежащих в основе принципа действия электронных полупроводниковых приборов; свойства различных полупроводниковых приборов и их характеристики; принципы создания моделей полупроводниковых приборов для решения задач профессиональной деятельности Умеет: выбирать элементы электронных схем для решения поставленной задачи; анализировать и описывать физические

	процессы, протекающие в полупроводниковых приборах; правильно интерпретировать экспериментальные данные с теоретическими положениями; подбирать литературные источники для решения задач по тематике данной учебной дисциплины; использовать компьютерную технику при оформлении отчетов лабораторных работ; моделировать принципиальные электронные схемы с помощью компьютерной техники Имеет практический опыт: экспериментальных исследований характеристик и правильного выбора полупроводниковых приборов; управления электронными устройствами; владения основными методами организации самостоятельного обучения и самоконтроля
Учебная практика (практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности) (2 семестр)	Знает: принципы построения устного и письменного сообщения на государственном и иностранном языках; навыками чтения и перевода текстов на иностранном языке в профессиональном общении., основные приемы эффективного управления собственным временем, принципы, методы и средства решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно- коммуникационных технологий Умеет: применять на практике деловую коммуникацию в устной и письменной формах, методы и навыки делового общения на русском и иностранном языках, планировать свое рабочее время и время саморазвития; формулировать цели личностного профессионального развития и условия их достижения, исходя из тенденций развития области профессиональной деятельности, индивидуально-личностных особенностей, решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий Имеет практический опыт: использования деловых коммуникаций в устной и письменной форме на русском и иностранном языках; чтения и перевода текстов на иностранном языке в профессиональном общении, управления временем при выполнении конкретных задач, проектов, при достижении поставленных целей, применения современных программных средств для решения стандартных задач своей профессиональной деятельности и наглядного представления и структуризации информации для представления профессиональному обществу

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 72,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам
		в часах
		Номер семестра
		4
Общая трудоёмкость дисциплины	144	144
<i>Аудиторные занятия:</i>	64	64
Лекции (Л)	32	32
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	32	32
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	71,5	71,5
Выполнение индивидуального проекта	71,5	71,5
Консультации и промежуточная аттестация	8,5	8,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	диф.зачет

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Компьютерные программы инженерного и научного анализа	4	2	2	0
2	Создание геометрических моделей в ANSYS Design Modeller	8	4	4	0
3	Построение расчетной сетки в ANSYS Meshing	10	4	6	0
4	Основы работы в ANSYS Fluent. Методы расчета. Постобработка.	10	6	4	0
5	Моделирование турбулентных течений вязкого теплопроводного газа	22	12	10	0
6	Методы моделированию многофазных сред.	10	4	6	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение в компьютерное моделирование. Обзор основных программных комплексов компьютерной инженерии (CAE-систем). Возможности и модули ПК ANSYS. Современные среды моделирования Ansys Aim, Discovery. Оболочка ANSYS Workbench.	2
2	2	Принципы создания геометрической модели. Операции по созданию и редактированию эскиза. Трехмерные операции. Редактирование геометрической модели. Импорт моделей из внешних CAD-систем. Инструменты для поиска, исправления ошибок и упрощения моделей, создание внешних и внутренних объемов.	4
3	3	Основные виды сеток. Структурированная, многоблочная, конформная сетки. Модуль ANSYS Meshing. Методы построения сетки в 2D и 3D областях.	4

		Глобальные и локальные настройки. Инфляционные слои. Контроль качества сетки.	
4	4	Краткое введение в вычислительную аэрогидродинамику: исторический обзор, примеры задач. Уравнения континуальной газовой динамики (Эйлера и Навье–Стокса), решаемые в программном пакете ANSYS Fluent. Метод конечных объемов. Решатели ANSYS Fluent и области их применения. Графический и текстовый интерфейсы программы ANSYS Fluent. Файл журнала. Обзор доступных физических моделей. Зоны ячеек. Постановка граничных условий для внутренних и внешних задач аэродинамики. Создание отчетов. Мониторы. Обработка и визуализация расчетных полей течений в ANSYS Fluent и ANSYS CFD-Post.	6
5	5	Обзор моделей турбулентности. Моделирование пристеночной области. Граничные условия для турбулентных параметров. Виды теплообмена. Конвективный и радиационный теплообмен, фазовый переход и их моделирование в ANSYS Fluent. Тепловые граничные условия. Нестационарные течения, методы расчета, обработка результатов. Моделирование газовых течений с химическими реакциями.	6
6	5	Подготовленные и неподготовленные смеси. Модели взаимодействия турбулентности и химии. Пользовательские выражения, функции, уравнения переноса скаляра.	6
7	6	Моделирование сопряженных тепловых и аэроупругих задач в ANSYS Workbench и ANSYS Fluent. Создание проекта сопряженной задачи в ANSYS WB, установка связей между модулями, импорт граничных и начальных условий. Одно- и двунаправленное сопряжение.	4

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Работа в оболочке ANSYS Workbench.	2
2	2	Работа в модуле Design Modeler. Созданию 3D моделей шасси и глушителя	2
3	2	Работа в модуле Design Modeler. Создание и редактирование 3D моделей. Упражнение по импорту и исправлению трехмерной модели.	2
4	3	Работа в модуле ANSYS Meshing. Упражнение по построению сетки в тройнике трубы для 2D и 3D областей	2
5	3	Работа в модуле ANSYS Meshing. Упражнение по построению расчетной сетки в 3D модели гидроклапана.	2
6	3	Контрольная работа по работе в модулях Design Modeler и Meshing.	2
7	4	Интерфейс и основы работы в программе Fluent. Расчет смешения холодной и горячей воды в тройнике трубы. Обработка результатов в ANSYS Fluent	2
8	4	Расчет течения многокомпонентной смеси в помещении гаража с учетом плавучести и источников импульса. Инструменты постобработки результатов расчета в CFD Post	2
9	5	Подключение моделей турбулентности, настройка пристеночных функций и входных условий для турбулентных параметров. Расчет турбулентного течения за уступом с использованием двухпараметрических моделей турбулентности	2
10	5	Методы расчета несжимаемых и сжимаемых течений. Расчет вязкого течения в окрестности аэродинамического профиля.	2
11	5	Модели теплообмена, задание тепловых граничных условий, подключение источников тепла в расчетную область. Расчет течения в окрестности печатной платы с учетом источника тепловыделения и сопряженного	2

		теплообмена	
12	5	Моделирование течений с химическими реакциями. Расчет горения водорода в воздушном потоке	2
13	5	Решение сопряженных задач в ANSYS Fluent. Моделирование работы датчика давления и аэроупругих колебаний пластины, закрепленной одним концом на подложке	2
14	6	Контрольная работа моделированию многофазных сред	2
15	6	Выполнение индивидуального проекта	2
16	6	Защита проекта	2

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Выполнение индивидуального проекта	см. Информационное обеспечение	4	71,5

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	4	Текущий контроль	Моделирование течения жидкости	0,25	100	Баллы начисляются по следующей системе: 1 Импорт сетки -10 баллов 2 Создание выражений для начальных и граничных условий -10 баллов 3 Создание выражений -10 баллов 4 Создание граничных условий - 10 баллов 5 Настройки начальных значений - 10 баллов 6 Настройки параметров адаптации сетки -10 баллов 7 Настройки	дифференцированный зачет

						параметров решателя - 10 баллов 8 Получение решения с помощью ANSYS Fluent -10 баллов 9 Просмотр результатов в постпроцессоре ANSYS CFXPost -10 баллов 10 Создание векторного графика скорости -10 баллов. Баллы суммируются. Рейтинг = суммарный балл * 1%	
2	4	Текущий контроль	Моделирование течения газа	0,25	100	Баллы начисляются по следующей системе: 1 Импорт сетки -10 баллов 2 Создание выражений для начальных и граничных условий -10 баллов 3 Создание выражений -10 баллов 4 Создание граничных условий - 10 баллов 5 Настройки начальных значений - 10 баллов 6 Настройки параметров адаптации сетки -10 баллов 7 Настройки параметров решателя - 10 баллов 8 Получение решения с помощью ANSYS Fluent -10 баллов 9 Просмотр результатов в постпроцессоре ANSYS CFXPost -10 баллов 10 Создание векторного графика скорости -10 баллов. Баллы суммируются. Рейтинг = суммарный балл * 1%	дифференцированный зачет
3	4	Промежуточная аттестация	дифференцированный зачет	-	100	Оценка за дисциплину формируется на основе величины текущего рейтинга обучающегося по	дифференцированный зачет

						дисциплине: "Отлично" - величина рейтинга обучающегося по дисциплине 85...100 %; "Хорошо" - величина рейтинга обучающегося по дисциплине 75...84 %; "Удовлетворительно" - величина рейтинга обучающегося по дисциплине 60...74 %; "Неудовлетворительно" - величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0...59 %.	
4	4	Текущий контроль	Выполнение индивидуального проекта. Создание геометрии	0,1	100	Баллы начисляются по следующей системе: 100-85 баллов - материал рассматриваемого вопроса раскрыт полностью. материал представлен грамотно, в ясной логической последовательности; точно и профессионально используется терминология; продемонстрировано умение основные подходы CFD-моделирования; продемонстрировано усвоение ранее изученных сопутствующих материалов; работа подготовлена в отведенное время, с необходимыми пояснениями; продемонстрировано знание современной учебной и научной литературы; допущены одна – две неточности, не искажающие сути ответа на рассматриваемые вопросы. 84-75 балла - материал рассматриваемого	дифференцированный зачет

					вопроса изложен систематизированы и последовательно: продемонстрировано умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер; продемонстрировано усвоение основной литературы; работа удовлетворяет в основном требованиям на оценку «5». но при этом имеет место один из недостатков; в изложении допущены небольшие пробелы, не исказившие содержание работы; допущены один - два недочета при освещении основного материала вопроса. 74-60 балла - неполно или непоследовательно изложено содержание материала рассматриваемого вопроса, но продемонстрировано общее понимание вопросов, продемонстрированы навыки и умения, достаточные для дальнейшего усвоения материала; допущены ошибки в определении понятий, использовании терминологии; выявлены пробелы в знаниях по основным системам и технологическому оборудованию; продемонстрировано усвоение основной литературы. менее 60 баллов - ответ представлен неполно или не по сути рассматриваемого	
--	--	--	--	--	--	--

						вопроса; обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части учебного материала, требуемого при формировании контролируемой компетенции учебного курса; лекционный материал и материалы основной литературы по курсу не усвоены.	
5	4	Текущий контроль	Выполнение индивидуального проекта. Создание расчетной сетки	0,1	100	Баллы начисляются по следующей системе: 100-85 баллов - материал рассматриваемого вопроса раскрыт полностью. материал представлен грамотно, в ясной логической последовательности; точно и профессионально используется терминология; продемонстрировано умение основные подходы CFD-моделирования; продемонстрировано усвоение ранее изученных сопутствующих материалов; работа подготовлена в отведенное время, с необходимыми пояснениями; продемонстрировано знание современной учебной и научной литературы; допущены одна – две неточности, не искажающие сути ответа на рассматриваемые вопросы. 84-75 балла - материал рассматриваемого вопроса изложен систематизированы и последовательно: продемонстрировано умение анализировать	дифференцированный зачет

					материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер; продемонстрировано усвоение основной литературы; работа удовлетворяет в основном требованиям на оценку «5». но при этом имеет место один из недостатков; в изложении допущены небольшие пробелы, не исказившие содержание работы; допущены один - два недочета при освещении основного материала вопроса. 74-60 балла - неполно или непоследовательно изложено содержание материала рассматриваемого вопроса, но продемонстрировано общее понимание вопросов, продемонстрированы навыки и умения, достаточные для дальнейшего усвоения материала; допущены ошибки в определении понятий, использовании терминологии; выявлены пробелы в знаниях по основным системам и технологическому оборудованию; продемонстрировано усвоение основной литературы. менее 60 баллов - ответ представлен неполно или не по сути рассматриваемого вопроса; обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части учебного	
--	--	--	--	--	--	--

						материала, требуемого при формировании контролируемой компетенции учебного курса; лекционный материал и материалы основной литературы по курсу не усвоены.	
6	4	Текущий контроль	Выполнение индивидуального проекта. Создание расчетной модели проведение моделирования	0,1	100	Баллы начисляются по следующей системе: 100-85 баллов - материал рассматриваемого вопроса раскрыт полностью. материал представлен грамотно, в ясной логической последовательности; точно и профессионально используется терминология; продемонстрировано умение основные подходы CFD-моделирования; продемонстрировано усвоение ранее изученных сопутствующих материалов; работа подготовлена в отведенное время, с необходимыми пояснениями; продемонстрировано знание современной учебной и научной литературы; допущены одна – две неточности, не искажающие сути ответа на рассматриваемые вопросы. 84-75 балла - материал рассматриваемого вопроса изложен систематизированы и последовательно: продемонстрировано умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер;	дифференцированный зачет

					продемонстрировано усвоение основной литературы; работа удовлетворяет в основном требованиям на оценку «5». но при этом имеет место один из недостатков; в изложении допущены небольшие пробелы, не искажившие содержание работы; допущены один - два недочета при освещении основного материала вопроса. 74-60 балла - неполно или непоследовательно изложено содержание материала рассматриваемого вопроса, но продемонстрировано общее понимание вопросов, продемонстрированы навыки и умения, достаточные для дальнейшего усвоения материала; допущены ошибки в определении понятий, использовании терминологии; выявлены пробелы в знаниях по основным системам и технологическому оборудованию; продемонстрировано усвоение основной литературы. менее 60 баллов - ответ представлен неполно или не по сути рассматриваемого вопроса; обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части учебного материала, требуемого при формировании контролируемой компетенции учебного курса; лекционный	
--	--	--	--	--	---	--

						материал и материалы основной литературы по курсу не усвоены.	
7	4	Текущий контроль	Выполнение индивидуального проекта. Постобработка и анализ данных расчета.	0,1	100	Баллы начисляются по следующей системе: 100-85 баллов - материал рассматриваемого вопроса раскрыт полностью. материал представлен грамотно, в ясной логической последовательности; точно и профессионально используется терминология; продемонстрировано умение основные подходы CFD-моделирования; продемонстрировано усвоение ранее изученных сопутствующих материалов; работа подготовлена в отведенное время, с необходимыми пояснениями; продемонстрировано знание современной учебной и научной литературы; допущены одна – две неточности, не искажающие сути ответа на рассматриваемые вопросы. 84-75 балла - материал рассматриваемого вопроса изложен систематизированы и последовательно: продемонстрировано умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер; продемонстрировано усвоение основной литературы; работа удовлетворяет в основном требованиям	дифференцированный зачет

						на оценку «5». но при этом имеет место один из недостатков; в изложении допущены небольшие пробелы, не исказившие содержание работы; допущены один - два недочета при освещении основного материала вопроса. 74-60 балла - неполно или непоследовательно изложено содержание материала рассматриваемого вопроса, но продемонстрировано общее понимание вопросов, продемонстрированы навыки и умения, достаточные для дальнейшего усвоения материала; допущены ошибки в определении понятий, использовании терминологии; выявлены пробелы в знаниях по основным системам и технологическому оборудованию; продемонстрировано усвоение основной литературы. менее 60 баллов - ответ представлен неполно или не по сути рассматриваемого вопроса; обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части учебного материала, требуемого при формировании контролируемой компетенции учебного курса; лекционный материал и материалы основной литературы по курсу не усвоены.	
8	4	Текущий контроль	Выполнение индивидуального	0,1	100	Баллы начисляются по следующей системе:	дифференцированный зачет

			проекта. Оформление отчета		100-85 баллов - материал рассматриваемого вопроса раскрыт полностью. материал представлен грамотно, в ясной логической последовательности; точно и профессионально используется терминология; продемонстрировано умение основные подходы CFD-моделирования; продемонстрировано усвоение ранее изученных сопутствующих материалов; работа подготовлена в отведенное время, с необходимыми пояснениями; продемонстрировано знание современной учебной и научной литературы; допущены одна – две неточности, не искажающие сути ответа на рассматриваемые вопросы. 84-75 балла - материал рассматриваемого вопроса изложен систематизированы и последовательно: продемонстрировано умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер; продемонстрировано усвоение основной литературы; работа удовлетворяет в основном требованиям на оценку «5». но при этом имеет место один из недостатков; в изложении допущены небольшие пробелы, не	
--	--	--	----------------------------	--	---	--

					искажившие содержание работы; допущены один - два недочета при освещении основного материала вопроса. 74-60 балла - неполно или непоследовательно изложено содержание материала рассматриваемого вопроса, но продемонстрировано общее понимание вопросов, продемонстрированы навыки и умения, достаточные для дальнейшего усвоения материала; допущены ошибки в определении понятий, использовании терминологии; выявлены пробелы в знаниях по основным системам и технологическому оборудованию; продемонстрировано усвоение основной литературы. менее 60 баллов - ответ представлен неполно или не по сути рассматриваемого вопроса; обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части учебного материала, требуемого при формировании контролируемой компетенции учебного курса; лекционный материал и материалы основной литературы по курсу не усвоены.	
--	--	--	--	--	---	--

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
дифференцированный зачет	При оценивании результатов учебной деятельности обучающегося по дисциплине используется балльно-	В соответствии с пп. 2.5, 2.6

	рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. (в редакции приказов от 10.03.2022 № 25-13/09, от 02.09.2024 № 158-13/09)). Рейтинг обучающегося по дисциплине определяется только по результатам текущего контроля. Студент вправе пройти контрольное мероприятие в рамках промежуточной аттестации (дифференцированный зачет) для улучшения своего итогового рейтинга по дисциплине. Оценка за дисциплину формируется на основе величины текущего рейтинга обучающегося по дисциплине: "Отлично" - величина рейтинга обучающегося по дисциплине 85...100 %; "Хорошо" - величина рейтинга обучающегося по дисциплине 75...84 %; "Удовлетворительно" - величина рейтинга обучающегося по дисциплине 60...74 %; "Неудовлетворительно" - величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0...59 %.	Положения
--	---	-----------

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ KM							
		1	2	3	4	5	6	7	8
УК-2	Знает: основные математические модели гидрогазодинамических процессов; принципы дискретизации уравнений гидрогазодинамики; алгоритмы численных решений; основы построения вычислительных сеток; основы параллельных вычислений и оптимизации вычислительных процессов; принципы обработки визуальных данных	+		+	+	+	+	+	+
УК-2	Умеет: формулировать математические модели для конкретных гидрогазодинамических задач; выбирать оптимальные численные методы и алгоритмы для поставленных задач; проводить анализ устойчивости и сходимости численных схем; интерпретировать результаты расчетов; оценивать погрешности моделирования и корректировать вычислительные параметры	+		+	+	+	+	+	+
УК-2	Имеет практический опыт: работы с CFD программами; постобработка данных: построение графиков, анимаций, изоповерхностей; отладка вычислительных моделей при расходимости решений; использование суперкомпьютерных систем для ресурсоемких расчетов; работы в команде над проектами	+		+	+	+	+	+	+
УК-6	Знает: основные математические модели гидрогазодинамических процессов; принципы дискретизации уравнений гидрогазодинамики; алгоритмы численных решений; основы построения вычислительных сеток; основы параллельных вычислений и оптимизации вычислительных процессов; принципы обработки визуальных данных			+	+				
УК-6	Умеет: формулировать математические модели для конкретных гидрогазодинамических задач; выбирать оптимальные численные методы и алгоритмы для поставленных задач; проводить анализ устойчивости и сходимости численных схем; интерпретировать результаты расчетов; оценивать погрешности моделирования и корректировать вычислительные параметры			+	+				
УК-6	Имеет практический опыт: работы с CFD программами; постобработка данных: построение графиков, анимаций, изоповерхностей; отладка вычислительных моделей при расходимости решений; использования суперкомпьютерных систем для ресурсоемких расчетов; работы в команде над проектами			+	+				

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Басов К. А. ANSYS : справ. пользователя / К. А. Басов. - 2-е изд., стер.. - М. : ДМК-Пресс, 2012. - 639 с. : ил.
2. Каплун А. Б. Ansys в руках инженера : практ. рук. / А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева ; предисл. А. С. Шадского. - Изд. стер.. - М. : URSS : ЛИБРОКОМ, 2014. - 269 с. : ил.

б) дополнительная литература:

1. Волков Е. А. Численные методы : учебное пособие / Е. А. Волков. - 5-е изд., стер.. - СПб. и др. : Лань, 2008. - 248 с. : ил.
2. Седов Л. И. Механика сплошной среды : Учебник для ун-тов и втузов: В 2 т. . Т. 1. - 4-е изд., испр. и доп.. - М. : Наука, 1983. - 528 с. : ил.
3. Ращиков В. И. Численные методы решения физических задач : Учеб. пособие / В. И. Ращиков, А. С. Рошаль. - СПб. и др. : Лань, 2005. - 204, [1] с. : ил.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Волков, Е. А. Численные методы : учебное пособие для вузов / Е. А. Волков. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 252 с. — ISBN 978-5-8114-7899-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167179>

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Волков, Е. А. Численные методы : учебное пособие для вузов / Е. А. Волков. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 252 с. — ISBN 978-5-8114-7899-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167179>

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Методические пособия для самостоятельной работы студента	ЭБС издательства Лань	Метод сопряженных градиентов. Многосеточный метод : учебно- методическое пособие / составители Р. К. Нариманов [и др.]. — Томск : ТГУ, 2019. — 19 с. — Текст : электронный https://e.lanbook.com/book/148671

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)

2. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -Техэксперт(04.02.2024)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	905 (36)	компьютер, проектор
Практические занятия и семинары	114-1 (2)	компьютер