

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА СУПЕРКОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ

Протокол № 1/04-577

от 27.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕОРИЯ РАЗНОСТНЫХ СХЕМ И ИХ ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 03.03.01 Прикладные математика и физика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
7	1	36	0	32	0	4	0	
8	1	36	0	24	0	12	0	3
Итого	2	72	0	56	0	16	0	

АННОТАЦИЯ

Изучаются численные методы решения уравнений газодинамики, а также современные физические модели турбулентных реагирующих потоков.

Задачи дисциплины - приобретение студентами теоретических знаний и практических навыков в области численного моделирования газодинамических процессов, в т.ч. течений с разрывами (ударные волны, фронты горения, детонации). Знакомство с современными физическими моделями турбулентных реагирующих потоков.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются: получение студентом навыков теоретического моделирования скоростных течений сжимаемой сплошной среды с выходом на конкретные, практически интересные задачи с использованием современных разностных методов решения нестационарных краевых задач, которые помогут им правильно ориентироваться в сложной технике исследования инженерно-физических процессов.

Задачи дисциплины:

- Детальное изучение основных понятий и определений теории разностных схем.
- Изучение основных принципов построения разностных схем.
- Обоснование выбора и границ разностных схем для расчета реагирующих потоков с ударными, детонационными волнами и волнами горения..
- Формирование способности у студента детально проводить построение уравнений и алгоритмов для расчета течений реагирующих потоков с разрывами.
- Формирование способности у студента применять вычислительные принципы, изучаемые в дисциплине, к решению практических физических задач.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у обучающихся в результате освоения следующих дисциплин и разделов:

Математика: обыкновенные дифференциальные уравнения; Математика: математический анализ; Математика: теория функций комплексного переменного; Математика: векторный и тензорный анализ; Физика: механика, молекулярная физика и основы статистической термодинамики; Уравнения математической физики; Гидро- и газодинамика, Теоретическая физика: Статистическая физика.

Успешное освоение данной дисциплины необходимо при построении математических моделей исследуемых инженерно-физических процессов для расчёта основных термодинамических состояний и состояний в стационарных газодинамических процессах, а также во время научно-исследовательской работы, при выполнении выпускной квалификационной работы, а также при практической работе выпускников по специальности.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
участие в разработке новых алгоритмов и компьютерных программ для научно-исследовательских и прикладных целей выбор методов и подходов к решению поставленной научной проблемы, формулировка математической модели явления, аналитические и численные расчеты создание программ и комплексов программ на базе стандартных пакетов для выполнения расчетов в рамках математических моделей, участие в разработке новых алгоритмов и компьютерных программ для научно-исследовательских и прикладных целей подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие во внедрении результатов исследований и разработок	природные и социальные явления и процессы, объекты техники, технологии и производства, модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально-экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса.	ПК-2 [1] - Способен выбирать и применять необходимое оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.001	З-ПК-2[1] - Знать современное оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области. ; У-ПК-2[1] - Уметь критически оценивать, выбирать оборудования, инструментов и методов исследований в избранной предметной области ; В-ПК-2[1] - Владеть навыками выбора и применения оборудования, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области.
сбор и обработка научной и	природные и социальные явления	ПК-3 [1] - Способен применять численные	З-ПК-3[1] - Знать численные методы

<p>аналитической информации с использованием современных программ, средств и методов вычислительной математики, компьютерных и информационных технологий участие в проведении теоретических исследований, построении физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в предметной области по профилю специализации;</p>	<p>и процессы, объекты техники, технологии и производства, модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально-экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса.</p>	<p>методы решения дифференциальных и интегральных уравнений для различных физико-технических задач</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>решения дифференциальных и интегральных уравнений для различных физико-технических задач. ; У-ПК-3[1] - Уметь применять численные методы решения дифференциальных и интегральных уравнений для различных физико-технических задач.; В-ПК-3[1] - Владеть навыками решения дифференциальных и интегральных уравнений численными методами для физико-технических задач.</p>
<p>конструкторско-технологический</p>			
<p>участие в модернизации существующих, разработке и внедрении новых методов контроля качества материалов, производственно-технологических процессов и готовой продукции в сфере высоких и наукоемких технологий</p>	<p>природные и социальные явления и процессы, объекты техники, технологии и производства, модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально-экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства,</p>	<p>ПК-7 [1] - Способен к разработке прикладного программного обеспечения для проведения научных исследований</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-7[1] - Знать текущее положение современных научных достижений, современные методы и алгоритмы для разработки и адаптации прикладного программного обеспечения для проведения научных исследований. ; У-ПК-7[1] - Уметь применять современные методы и алгоритмы для разработки наукоемкого программного обеспечения.; В-ПК-7[1] - Владеть навыками разработки и адаптации прикладного</p>

	управления и бизнеса.		программного обеспечения для проведения научных исследований.
производственно-технологический			
участие в разработке и реализации проектов исследовательской и инновационной направленности в команде исполнителей	природные и социальные явления и процессы, объекты техники, технологии и производства, модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально-экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса.	ПК-9 [1] - Способен к математическому и компьютерному моделированию объектов, систем, процессов и явлений в избранной предметной области <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008	З-ПК-9[1] - Знать основные методы и принципы математического и компьютерного моделирования объектов, систем, процессов и явлений в избранной предметной области, методы построения математических моделей типовых профессиональных задач, способы нахождения решений математических моделей и содержательной интерпретации полученных результатов. ; У-ПК-9[1] - Уметь использовать математическое и компьютерное моделирование для описания свойств и характеристик объектов, систем, процессов и явлений в избранной предметной области, профессионально интерпретировать смысл полученного результата.; В-ПК-9[1] - Владеть методами математического и компьютерного моделирования объектов, систем, процессов и явлений в избранной предметной области и содержательной

			интерпретации полученных результатов.
--	--	--	---------------------------------------

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (B17)	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты.</p>
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное

		развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (В19)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для: - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для: - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование навыков коммуникации, командной	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального

	<p>работы и лидерства (B20)</p>	<p>модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.</p>
<p>Профессиональное воспитание</p>	<p>Создание условий, обеспечивающих, формирование способности и стремления следовать в профессии нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения (B21)</p>	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения,</p>

		<p>ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.</p>
<p>Профессиональное воспитание</p>	<p>Создание условий, обеспечивающих, формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (В22)</p>	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного</p>

		коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
--	--	--

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>7 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	0/16/0		50	Т-8	З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, З-ПК-

							9, У- ПК-9, В- ПК-9
2	Второй раздел	9-16	0/16/0		50	Кл-16	3-ПК- 2, У- ПК-2, В- ПК-2, 3-ПК- 3, У- ПК-3, В- ПК-3, 3-ПК- 7, У- ПК-7, В- ПК-7, 3-ПК- 9, У- ПК-9, В- ПК-9
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		0/32/0		100		
	Контрольные мероприятия за 7 Семестр				0	АттР	3-ПК- 2, У- ПК-2, В- ПК-2, 3-ПК- 3, У- ПК-3, В- ПК-3, 3-ПК- 7, У- ПК-7, В- ПК-7, 3-ПК- 9, У- ПК-9,

							В-ПК-9
	<i>8 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-6	0/12/0		25	Т-6	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9
2	Второй раздел	7-12	0/12/0		25	ДЗ-12	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9
	<i>Итого за 8 Семестр</i>		0/24/0		50		

	Контрольные мероприятия за 8 Семестр				50	3	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9
--	---	--	--	--	----	---	---

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
АттР	Аттестация разделов
Т	Тестирование
Кл	Коллоквиум
ДЗ	Домашнее задание
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	0	32	0
1-8	Первый раздел	0	16	0
1 - 2	Модельные уравнения в частных производных Краткое историческое введение. Цели и задачи курса. Законы сохранения. Модельные уравнения в частных производных (конвективного переноса, диссипации, теплопроводности). Разностные сетки (в лагранжевых и эйлеровых	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
		0	0	0

	переменных, равномерные и неравномерные, сетки в криволинейных координатах, адаптивные сетки, в т.ч. вложенные, сетки привязанные к особенностям течения). Способы задания сеточных функций.			
3 - 4	Основные типы разностных методов Основные типы разностных методов (собственно разностные методы, методы построенные на интегральных соотношениях (схемы семейства Годунова), метод конечных элементов, спектральный метод). Свойства разностных схем, ошибки разностных схем, примеры простейших разностных схем.	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
0	0	0		
5 - 6	Свойства разностных схем Аппроксимируемость, консервативность, сходимость, устойчивость, причинность, монотонность, диссипативность, точность разностных схем. Дифференциальное приближение разностной схемы. Множитель перехода. Амплитудные и фазовые ошибки. Ошибка Гибса. Ошибка округления.	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
0	0	0		
7 - 8	Основные теоремы теории разностных схем Связь свойств разностных схем друг с другом . Теорема Годунова , теорема Лакса, основные теоремы теории разностных схем. Схемы явный уголком назад, явный уголком назад, схема центральной разности	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
0	0	0		
9-16	Второй раздел	0	16	0
9 - 11	Схемы с невозрастающей полной вариацией Схемы с невозрастающей полной вариацией. Схема крест, схема Лакса-Вендрофа.	Всего аудиторных часов		
		0	8	0
		Онлайн		
0	0	0		
12 - 16	Разностные схемы. Неявные разностные схемы. Схемы высокого порядка точности. Нелинейные разностные схемы. Многошаговые разностные схемы. Монотонные разностные схемы.	Всего аудиторных часов		
		0	8	0
		Онлайн		
0	0	0		
	<i>8 Семестр</i>	0	24	0
1-6	Первый раздел	0	12	0
1 - 2	Методы расчета газодинамических разрывов Метод расчета течений с ударными волнами. Искусственная вязкость. Схема крест с различными типами искусственной вязкости (линейная, квадратичная и т.д.) в лагранжевых переменных.	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
0	0	0		
3 - 4	Метод расчета течений с ударными волнами Метод крупных частиц. Принцип расщепления. Методы корректировки потока. TVD-методы. Ограничители потоков. ENO и WENO методы.	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
0	0	0		
5 - 6	Методы семейства Годунова. Методы семейства Годунова. Схемы Годунова на основе точного и приближенного (Роз) решения задачи Римана.	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
0	0	0		

7-12	Второй раздел	0	12	0
7 - 8	Методы расчета газодинамических разрывов на адаптивных сетках. Методы расчета газодинамических разрывов на адаптивных сетках. Методы расчета детонационных волн.	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
9 - 10	Методы расчета волн горения Методы расчета волн горения	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
11 - 12	Методы расчета газодинамических задач Понятие о методе конечных элементов. Метод коллокаций. Метод конечного объема. Метод Галеркина, Спектральный метод. Метод решения уравнений атмосферной диффузии. Особенности использования разностных схем в параллельных вычислениях.	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>7 Семестр</i>
4 - 8	Основные типы разностных методов Основные типы разностных методов (собственно разностные методы, методы построенные на интегральных соотношениях (схемы семейства Годунова), метод конечных элементов, спектральный метод).
9 - 11	Основные теоремы теории разностных схем Схемы явный уголок назад, явный уголок вперед, схема центральной разности
12 - 15	Разностные схемы Неявные разностные схемы. Схемы высокого порядка точности. Нелинейные разностные схемы. Многошаговые разностные схемы. Монотонные разностные схемы.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы дисциплины используются образовательные технологии в форме практических занятий, мастер-классов. По данной дисциплине при теоретическом изучении материала используется метод демонстрации результатов газодинамических расчетов, выполненных сотрудниками и выпускниками кафедры. Самостоятельная работа студентов подразумевает проработку студентом лекционного материала с использованием рекомендуемой литературы для подготовки к тестам, к экзамену, а так же выполнение домашнего задания и написание компьютерной программы для решения научной задачи.

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)	Аттестационное мероприятие (КП 2)
ПК-2	З-ПК-2	АттР, Т-8, Кл-16	З, Т-6, ДЗ-12
	У-ПК-2	АттР, Т-8, Кл-16	З, Т-6, ДЗ-12
	В-ПК-2	АттР, Т-8, Кл-16	З, Т-6, ДЗ-12
ПК-3	З-ПК-3	АттР, Т-8, Кл-16	З, Т-6, ДЗ-12
	У-ПК-3	АттР, Т-8, Кл-16	З, Т-6, ДЗ-12
	В-ПК-3	АттР, Т-8, Кл-16	З, Т-6, ДЗ-12
ПК-7	З-ПК-7	АттР, Т-8, Кл-16	З, Т-6, ДЗ-12
	У-ПК-7	АттР, Т-8, Кл-16	З, Т-6, ДЗ-12
	В-ПК-7	АттР, Т-8, Кл-16	З, Т-6, ДЗ-12
ПК-9	З-ПК-9	АттР, Т-8, Кл-16	З, Т-6, ДЗ-12
	У-ПК-9	АттР, Т-8, Кл-16	З, Т-6, ДЗ-12
	В-ПК-9	АттР, Т-8, Кл-16	З, Т-6, ДЗ-12

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его

			излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ М39 Mathematical Modelling : , Cham: Springer International Publishing, 2016
2. ЭИ К 90 Математические вопросы численного решения гиперболических систем уравнений : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2012
3. 532 Б89 Математические основы вычислительной механики жидкости, газа и плазмы : учебное пособие, Долгопрудный: Интеллект, 2017
4. ЭИ В 93 Математическое и физическое моделирование потенциальных течений жидкости : , Санкт-Петербург: Лань, 2022
5. ЭИ Т 32 Математическое моделирование в механике сплошных сред : учебное пособие, Москва: Лаборатория знаний, 2021
6. ЭИ К 88 Математическое моделирование гидродинамики и теплообмена в движущихся жидкостях : , Санкт-Петербург: Лань, 2022

7. 519 Ч-67 Численные методы решения уравнений с частными производными Ч.1 Разностные схемы для решения уравнения конвективного переноса (одномерное уравнение), С. А. Губин [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ 3-50 Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2008
2. 533 О-63 Численное моделирование реагирующих потоков : , Оран Э.,Борис Дж.;Пер. с англ., М.: Мир, 1990
3. 533 Г61 Численное моделирование течений вязкого газа в ударном слое : , Ю.П. Головачев, Москва: Наука; Физматлит, 1996

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Изучение разделов дисциплины, выполнение практических заданий, подготовка к контрольным мероприятиям включает в себя две части: теоретическую и прикладную – непосредственное решение задачи.

В ходе лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Теоретическая часть предполагает проработку разделов курса, относящихся к лабораторным или практическим заданиям. Необходимо определить раздел курса выполняемой работы, уяснить основные понятия, ознакомиться с решениями типовых задач и использовать их при решении задач. После этого следует приступить к решению задания.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов реализуется посредством работы с рекомендованной литературой (указана в Списке литературы в Рабочей Программе Учебной Дисциплины).

Своевременное и качественное выполнение самостоятельной работы базируется на соблюдении настоящих рекомендаций и изучении рекомендованной литературы. Студентам рекомендуется получить в Библиотечно-информационном центре университета учебную литературу по дисциплине, необходимую для эффективной работы на всех видах аудиторных занятий, а также для самостоятельной работы по изучению дисциплины. Студент может дополнить список использованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы, и в дальнейшем использовать собственные подготовленные учебные материалы при написании курсовых и дипломных работ.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

На протяжении занятия полезно поддерживать интерактивность между лектором и студентами в виде вопросов в аудиторию. Важно задавать вопросы на знание материала из прошедших лекций или других курсов по мере обращения к нему или, по крайней мере, проговаривать их связь. Этим самым студенты могут почувствовать связь между различными навыками и их востребованность. Также важно постоянно задавать вопросы, озадачивающие студентов поднимаемой проблемой в рамках обсуждаемой темы (даже если она совсем частного характера), стимулируя внимание и творческое участие студента в ходе рассуждений лектора.

Важно разяснять происхождение вводимых терминов. Особенно это важно в случаях, когда прямое толкование неуместно или устарело.

Автор(ы):

Шаргатов Владимир Анатольевич, к.ф.-м.н., с.н.с.