

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ

Протокол № 3

от 30.08.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТОВ  
ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 01.04.02 Прикладная математика и  
информатика

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, экс./зач./КР/КП
2	3	108	15	0	30	27	0	Э КП
Итого	3	108	15	0	30	0	27	0

## АННОТАЦИЯ

Семестровый курс, читаемый магистрам кафедры «Прикладная математика» НИЯУ «МИФИ» является ознакомлением с современными методами пространственного гидродинамического и теплового анализа на примере простейших численных моделей с использованием свободного программного обеспечения SALOME, OpenFOAM и ParaView. В результате освоения курса слушатели изучат основных понятий, инструментов и алгоритмов работы свободных пакетов. Получат базовых навыков по проведению математического моделирования в задачах механики сплошной среды с использованием пакетов прикладных программ.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины является наглядное знакомство студентов с несколькими пакетами прикладного программного обеспечения используемого при проведении математического моделирования, достаточного для успешного и более основательного изучения современного прикладного программного обеспечения.

По окончании курса студенты получают навыки и знания по: эффективному использованию инструментария пакетов прикладных программ для выполнении основного цикла расчетов — от подготовки исходных данных до обработки результатов; проведению простейших гидродинамических и тепловых расчетов; подготовке геометрии расчетных областей и генерации сеток в среде SALOME; подготовке расчетной модели, проведению и мониторингу расчета в OpenFOAM; визуализации результатов в ParaView.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина логически и содержательно-методически связана с материалами следующих дисциплин, читаемых студентам физико-математических специальностей: программирование, численные методы, вычислительная математика, уравнения математической физики.

Для успешного освоения дисциплины от студентов требуются базовые знания по курсам программированию. При изучении примеров моделирования механики сплошной среды предполагается, что студенты имеют представление об основах классической механики, механики сплошных сред, электродинамики, термодинамики и дифференциального и интегрального исчисления.

Полученные в результате освоения данной дисциплины навыки и знания могут использоваться, при подготовке дипломных проектов, при проведении научно-поисковых исследований.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

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

ОПК-1 [1] – Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики	3-ОПК-1 [1] – Знать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики, методы математического моделирования. У-ОПК-1 [1] – Уметь использовать методы математического моделирования для решения задач фундаментальной и прикладной математики. В-ОПК-1 [1] – Владеть методами математического моделирования и основами их использования
ОПК-2 [1] – Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач	3-ОПК-2 [1] – Знать основные понятия, математические методы решения прикладных задач, принципы математического моделирования и методы верификации. У-ОПК-2 [1] – Уметь применять полученную теоретическую базу для решения практических задач В-ОПК-2 [1] – Владеть основными математическими методами решения прикладных задач
ОПК-3 [1] – Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности	3-ОПК-3 [1] – Знать основные методы и принципы математического моделирования, методы построения математических моделей типовых профессиональных задач, способы нахождения решений математических моделей и содержательной интерпретации полученных результатов. У-ОПК-3 [1] – Уметь составлять математические модели типовых профессиональных задач, находить способы их решения и профессионально интерпретировать смысл полученного результата. В-ОПК-3 [1] – Владеть методами построения математических моделей типовых профессиональных задач, способами нахождения решений математических моделей и содержательной интерпретации полученных результатов

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

<b>Задача профессиональной деятельности (ЗПД)</b>	<b>Объект или область знания</b>	<b>Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции</b>
	научно-исследовательский		
построение математических моделей и исследование их аналитическими методами, разработка	математическое моделирование; математическая физика; обратные и некорректно поставленные задачи, численные методы; теория вероятностей и	ПК-1 [1] - способен проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты	3-ПК-1[1] - Знать основные методы и принципы научных исследований, математического моделирования, основные проблемы

<p>алгоритмов, методов, программного обеспечения, инструментальных средств по тематике проводимых научно-исследовательских проектов; исследование систем методами математического прогнозирования и системного анализа</p>	<p>математическая статистика; дискретная математика; нелинейная динамика; математические модели сложных систем ( теория, алгоритмы, приложения); программная инженерия; прикладные интернет-технологии; системное и прикладное программное обеспечение; информационные системы и их исследование методами математического прогнозирования и системного анализа; математическое и информационное обеспечение экономической деятельности; математические методы и программное обеспечение защиты информации; математическое и программное обеспечение компьютерных сетей; алгоритмы, библиотеки и пакеты программ, продукты системного и прикладного программного обеспечения; системное и прикладное программное обеспечение</p>	<p>самостоятельно и в составе научного коллектива</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.001, 06.017</p>	<p>профессиональной области, требующие использования современных научных методов исследования. ; У-ПК-1[1] - Уметь ставить и решать прикладные исследовательские задачи; оценивать результаты исследований; формулировать результаты проведенного исследования в виде конкретных рекомендаций, проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива. ; В-ПК-1[1] - Владеть навыками выбора и использования математических средств научных исследований, методами анализа и синтеза научной информации.</p>
<p>разработка и исследование алгоритмов, вычислительных моделей и моделей данных для реализации элементов новых сервисов систем информационных технологий; исследования и разработка языков</p>	<p>математическое моделирование; математическая физика; обратные и некорректно поставленные задачи, численные методы; теория вероятностей и математическая статистика; дискретная математика; нелинейная динамика; математические модели сложных систем ( теория,</p>	<p>ПК-2 [1] - способен к разработке и внедрению наукоемкого программного обеспечения, способствующего решению передовых задач науки и техники на основе современных математических методов и</p>	<p>3-ПК-2[1] - Знать текущее положение современных научных достижений, современные математические методы и алгоритмы для разработки наукоемкого программного обеспечения. ; У-ПК-2[1] - Уметь</p>

<p>программирования, алгоритмов, библиотек и пакетов программ, продуктов системного и прикладного программного обеспечения; исследования и разработка систем цифровой обработки изображений средств компьютерной графики, мультимедиа и автоматизированного проектирования</p>	<p>алгоритмы, приложения); программная инженерия; прикладные интернет-технологии; системное и прикладное программное обеспечение; информационные системы и их исследование методами математического прогнозирования и системного анализа; математическое и информационное обеспечение экономической деятельности; математические методы и программное обеспечение защиты информации; математическое и программное обеспечение компьютерных сетей; алгоритмы, библиотеки и пакеты программ, продукты системного и прикладного программного обеспечения; системное и прикладное программное обеспечение</p>	<p>алгоритмов</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.001, 06.017</p>	<p>применять современные математические методы и алгоритмы для разработки наукоемкого программного обеспечения.; В-ПК-2[1] - Владеть навыками разработки и внедрения наукоемкого программного обеспечения.</p>
<p>производственно-технологический</p>			<p>3-ПК-4.3[1] - Знать современные программные комплексы для проведения суперкомпьютерных вычислений ; У-ПК-4.3[1] - Уметь проводить математическое моделирование с использованием программных комплексов для инженерно-физического расчета в том числе используя</p>
<p>Решение различных исследовательских и прикладных задач на суперкомпьютерах с использованием современных программных комплексов инженерно-физического моделирования и прикладного программного обеспечения.</p>	<p>Математические и вычислительные алгоритмы; высокопроизводительные вычислительные системы различной архитектуры; языки, методы и технологии программирования; программные комплексы инженерно-физического моделирования; прикладное программное обеспечение.</p>	<p>ПК-4.3 [1] - Способен проводить суперкомпьютерные вычисления в современных программных комплексах</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008, 40.011</p>	<p>3-ПК-4.3[1] - Знать современные программные комплексы для проведения суперкомпьютерных вычислений ; У-ПК-4.3[1] - Уметь проводить математическое моделирование с использованием программных комплексов для инженерно-физического расчета в том числе используя</p>

			суперкомпьютер ; В-ПК-4.3[1] - Владеть навыками проведения математического моделирования с использованием программных комплексов для инженерно- физических расчетов
разработка программного и информационного обеспечения компьютерных сетей, автоматизированных систем вычислительных комплексов, сервисов, операционных систем и распределенных баз данных; разработка архитектуры, алгоритмических и программных решений системного и прикладного программного обеспечения;	математическое моделирование; математическая кибернетика; математические методы и программное обеспечение защиты информации; математическое и программное обеспечение компьютерных сетей; системное программирование; прикладные интернет- технологии; языки программирования; алгоритмы, библиотеки и пакеты программ, продукты системного и прикладного программного обеспечения; системное и прикладное программное обеспечение; программная инженерия проектный	ПК-6 [1] - способен к проектированию и разработке научоемкого программного обеспечения на основе технического задания  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.001, 06.003, 06.017	З-ПК-6[1] - Знать основные цели и задачи проектирования и разработки научоемкого программного обеспечения на основе технического задания. ; У-ПК-6[1] - Уметь разрабатывать научоемкое программное обеспечение на основе технического задания.; В-ПК-6[1] - Владеть навыками разработки и проектирования научоемкого программного обеспечения на основе технического задания.
проектирование элементов сверхбольших интегральных схем, моделирование оптических или квантовых элементов и разработка математического обеспечения для компьютеров нового поколения; формирование целей	математическое моделирование; математическая физика; обратные и некорректно поставленные задачи, численные методы; теория вероятностей и математическая статистика; дискретная математика; нелинейная динамика; математические модели сложных систем ( теория,	ПК-5 [1] - способен четко формулировать цели и задачи научно- прикладных проектов, разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых задач  <i>Основание:</i>	З-ПК-5[1] - Знать основные цели и задачи научно- прикладных проектов, разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых задач. ; У-ПК-5[1] - Уметь четко формулировать цели

<p>проекта, формирование критериев и показателей достижения целей, построение структуры их взаимосвязей; применение математических методов исследования информационных и имитационных моделей по тематике выполняемых прикладных научно-исследовательских или опытно-конструкторских работ;</p>	<p>алгоритмы, приложения); программная инженерия; прикладные интернет-технологии; системное и прикладное программное обеспечение; информационные системы и их исследование методами математического прогнозирования и системного анализа; математические модели и методы в проектировании сверхбольших интегральных схем</p>	<p>Профессиональный стандарт: 40.008, 40.033</p>	<p>и задачи научно-прикладных проектов, разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых задач; В-ПК-5[1] - Владеть навыками разработки теоретических моделей решаемых задач.</p>
<p>педагогический</p>			
<p>Педагогический дизайн и реализация образовательных программ и учебных дисциплин, на основе современных подходов и методик в том числе с использованием информационных и коммуникационных технологий в области прикладной математики и информатики.</p>	<p>Средства, технологии, ресурсы и сервисы электронного обучения и мобильного обучения, прикладные интернет-технологии.</p>	<p>ПК-9 [1] - способен использовать современные информационные технологии в образовательной деятельности  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 01.001, 01.003</p>	<p>3-ПК-9[1] - Знать основные цели и задачи, особенности содержания и организации педагогического процесса. ; У-ПК-9[1] - Уметь использовать современные информационные технологии в образовательной деятельности.; В-ПК-9[1] - Владеть навыками использования современных информационных технологий в образовательной деятельности.</p>
<p>Разработка образовательных программ высшего образования и дополнительного профессионального образования, разработка учебно-</p>	<p>Педагогическая деятельность с учетом специфики предметной области в образовательных организациях.</p>	<p>ПК-10 [1] - способен осуществлять подготовку и переподготовку кадров в области прикладной математики и информационных</p>	<p>3-ПК-10[1] - Знать основные цели и задачи, особенности содержания и организации педагогического процесса на основе компетентностного</p>

<p>методических материалов по дисциплинам в области математических и компьютерных наук, проведение лекционных, практических и лабораторных занятий по основным, факультативным дисциплинам и спецкурсам в области прикладной математики и информатики.</p>		<p>технологий</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 01.001, 01.003</p>	<p>подхода; психологические особенности обучающихся; современные технологии диагностики и оценивания качества образовательного процесса; особенности педагогического взаимодействия в условиях изменяющегося образовательного пространства. ; У-ПК-10[1] - Уметь организовывать образовательно-воспитательный процесс в изменяющихся социокультурных условиях; применять психолого-педагогические знания в разных видах образовательной деятельности.; В-ПК-10[1] - Владеть навыками организации педагогического процесса для подготовки и переподготовки кадров в области прикладной математики и информационных технологий</p>
--	--	--	--

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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



№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (семинары )/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>2 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	8/0/16		20	КИ-8	3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3, 3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-ПК-2,

							У-ПК-2, В-ПК-2, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, З-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, З-ПК-4.3, У-ПК-4.3, В-ПК-4.3
2	Второй раздел	9-15	7/0/14		30	КИ-15	З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, З-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, З-ОПК-3, У-

						ОПК-3, В-ОПК-3, 3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-4.3, У-ПК-4.3, В-ПК-4.3
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		15/0/30		50	

	<b>Контрольные мероприятия за 2 Семестр</b>			50	Э, КП	3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3, 3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-4.3, У-ПК-4.3, В-ПК-4.3, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-
--	---	--	--	----	-------	---

							ПК-5, 3-ПК- 6, У- ПК-6, В- ПК-6, 3-ПК- 9, У- ПК-9, В- ПК-9, 3-ПК- 10, У- ПК- 10, В- ПК- 10, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 2, У- ОПК- 2, В- ОПК- 2, 3- ОПК- 3, У- ОПК- 3, В- ОПК- 3, 3-ПК- 1, У- ПК-1,
--	--	--	--	--	--	--	---

							В-ПК-1, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-4.3, У-ПК-4.3, В-ПК-4.3
--	--	--	--	--	--	--	---

\* – 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
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

КП	Курсовой проект
----	-----------------

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недел и	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем. , час.	Лаб., час.
	<i>2 Семестр</i>	15	0	30
<b>1-8</b>	<b>Первый раздел</b>	8	0	16
1	<b>Тема 1. Введение</b> Примеры задач механики сплошной среды (МСС). Алгоритм процесса решения задач механики сплошной среды. Примеры пакетных решений. Свободное программное обеспечение (СПО) для задач МСС.	Всего аудиторных часов		
		1	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
2 - 4	<b>Тема 2. OpenFOAM – математическое моделирование МСС</b> Основные принципы. Системное окружение OpenFOAM. Файловая структура пакета. Формат хранения данных.	Всего аудиторных часов		
		3	0	6
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 7	<b>Тема 3. Salome – CAD/CAE интегрированная платформа</b> Поверхностный обзор возможностей Salome/ Основной интерфейс Трехмерное моделирование, подготовка геометрии. Генерация сетки. Создание структурированных и неструктурированных сеток. Контроль качества расчетных сеток. Визуализация.	Всего аудиторных часов		
		3	0	6
		Онлайн		
		0	0	0
8	<b>Тема 4. Paraview – визуализация результатов моделирования</b> Конвейер визуализации. Панель управления объектом. Панель отображения.	Всего аудиторных часов		
		1	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
<b>9-15</b>	<b>Второй раздел</b>	7	0	14
9	<b>Тема 4. Paraview – визуализация результатов моделирования</b> Основная панель, использование фильтров. Практика применения: визуализация скалярного поля, визуализация векторного поля, интерполяция, визуализация линий тока. Графики распределения вдоль направлений. Анализ результатов.	Всего аудиторных часов		
		2	0	4
		Онлайн		
		0	0	0
10 - 16	<b>Тема 5. Работа с пакетами OpenFOAM и Paraview на основе готовых примеров.</b> Расчет поля напряжения в пластине. Несжимаемое течение в каверне. Турбулентное течение за обратным уступом.	Всего аудиторных часов		
		5	0	10
		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

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Лекции проводятся в традиционной форме с использованием мультимедийного проектора или интерактивной доски. На лабораторных работах и при выполнении домашних заданий студенты используют персональные компьютеры. Обсуждение результатов математического моделирования проводится в интерактивной форме дискуссии и предполагает активное участие студентов. Обязательным требованием является самостоятельная работа студентов, выполнение индивидуальных заданий, работа с литературой.

## 6. 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)
ОПК-1	З-ОПК-1	КП, Э, КИ-8, КИ-15
	У-ОПК-1	КП, Э, КИ-8, КИ-15
	В-ОПК-1	КП, Э, КИ-8, КИ-15
ОПК-2	З-ОПК-2	КП, Э, КИ-8, КИ-15
	У-ОПК-2	КП, Э, КИ-8, КИ-15
	В-ОПК-2	КП, Э, КИ-8, КИ-15
ОПК-3	З-ОПК-3	КП, Э, КИ-8, КИ-15
	У-ОПК-3	КП, Э, КИ-8, КИ-15
	В-ОПК-3	КП, Э, КИ-8, КИ-15
ПК-1	З-ПК-1	КП, Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1	КП, Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1	КП, Э, КИ-8, КИ-15
ПК-10	З-ПК-10	КП, Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-10	КП, Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-10	КП, Э, КИ-8, КИ-15
ПК-2	З-ПК-2	КП, Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-2	КП, Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-2	КП, Э, КИ-8, КИ-15



ПК-5	З-ПК-5	КП, Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-5	КП, Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-5	КП, Э, КИ-8, КИ-15
ПК-6	З-ПК-6	КП, Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-6	КП, Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-6	КП, Э, КИ-8, КИ-15
ПК-9	З-ПК-9	КП, Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-9	КП, Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-9	КП, Э, КИ-8, КИ-15
ПК-4.3	З-ПК-4.3	КП, Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-4.3	КП, Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-4.3	КП, Э, КИ-8, КИ-15

### 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.
--	--	--	--

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. ЭИ В 67 Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа : , Москва: Физматлит, 2012
2. ЭИ О-56 Лекции и упражнения по многосеточным методам : , Москва: Физматлит, 2005
3. ЭИ М 30 Методы вычислительной математики : , Санкт-Петербург: Лань, 2022
4. ЭИ М 29 Многосеточная технология: теория и приложения : , Москва: Физматлит, 2016
5. ЭИ Т 51 Прикладная газовая динамика. Численные методы решения гиперболических систем уравнений : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2022

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. ЭИ М90 The Finite Volume Method in Computational Fluid Dynamics : An Advanced Introduction with OpenFOAM® and Matlab, Cham: Springer International Publishing, 2016

### **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

Специальное программное обеспечение не требуется

### **LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:**

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

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

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

1. Проведение лекционных и практических занятий

В рамках курса предусмотрено проведение лекционных и практических занятий. Используя прослушанный на лекциях материал, студенты должны научиться решать поставленные перед ними задачи.

В рамках занятий проводится активное обсуждение и анализ поставленных задач, вопросов и затруднений возникающих в процессе подготовки заданий.

На каждом занятии отмечается посещаемость студентов.

При изучении курса студентам рекомендуется внимательно ознакомиться с программой дисциплины, ознакомиться с ресурсами перечисленными в разделе рекомендованная литература.

## 2. Организация контроля успеваемости студентов

Организация контроля успеваемости студентов проводится с использованием фонда оценочных средств по данной дисциплине (ФОС). Фонд оценочных средств (ФОС) – является неотъемлемой частью учебно-методического комплекса учебной дисциплины и предназначен для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу данной дисциплины.

При проведении текущего контроля успеваемости по дисциплине используются

- Лабораторные работы
- Домашнее задание

Рубежный контроль проводится на 8 и 15 неделях. Промежуточный контроль выставляется на основе экзамена с курсовым проектом.

Для допуска к экзамену необходимо сдать на положительную оценку все предложенные в рамках текущего контроля задания.

## 10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

### 1. Проведение лекционных и практических занятий

В рамках курса предусмотрено проведение лекционных и практических занятий. Используя прослушанный на лекциях материал, студенты должны научиться решать поставленные перед ними задачи.

В рамках занятий следует проводить активное обсуждение и анализ поставленных задач, проводить групповой поиск ответов на вопросы возникающие у студентов при подготовке заданий. Основной упор на лекционных занятиях должен делаться на понимание излагаемого материала и умение его использовать при выполнении заданий. Рекомендуется использование мультимедийного проектора и совмещение подготовленной презентации с примерами реализуемыми во время лекции на реальном ПО.

На каждом занятии следует отмечать посещаемость студентов. Рекомендуется не допускать студентов до сдачи контрольных мероприятий регулярно пропускающих занятия.

На первом занятии необходимо ознакомить студентов с программой дисциплины, а также предложить литературу, которая потребуется для успешного освоения материала.

### 2. Организация контроля успеваемости студентов

Организация контроля успеваемости студентов проводится с использованием фонда оценочных средств по данной дисциплине (ФОС). Фонд оценочных средств (ФОС) – является неотъемлемой частью учебно-методического комплекса учебной дисциплины и предназначен для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу данной дисциплины.

При проведении текущего контроля успеваемости по дисциплине используются

- Лабораторные работы

- Домашнее задание

Рубежный контроль проводится на 8 и 15 неделях. Промежуточный контроль выставляется на основе экзамена с курсовым проектом.

Для допуска к экзамену необходимо сдать на положительную оценку все предложенные в рамках текущего контроля задания.

Автор(ы):

Чмыхов Михаил Александрович, к.ф.-м.н., доцент

Рецензент(ы):

доцент Климанов С.Г.