

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ТЕПЛОФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/423-573.1

от 20.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕПЛОФИЗИКА

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 14.05.02 Атомные станции: проектирование,  
эксплуатация и инжиниринг

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
5	1	36	0	16	16		4	0	3
6	1	36	0	15	15		6	0	3
Итого	2	72	0	31	31	31	10	0	

## АННОТАЦИЯ

Целями освоения дисциплины является ознакомление студентов с основными методами численного решения задач.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины является ознакомление студентов с основными методами численного решения задач, возникающих при моделировании на ЭВМ процессов теплообмена, обучение студентов умению применять полученные знания в производственной и научной деятельности, применению современных компьютерных технологий при выполнении домашних заданий, приобретение навыков работы с научной, справочной и электронной литературой.

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

предусматривается широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий (компьютерные практикумы, разбор домашних заданий, система контрольно-измерительных материалов, включая тесты) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-3 [1] – Способен понимать принципы работы информационных технологий; осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны	З-ОПК-3 [1] – Знать средства и методы поиска, анализа, обработки и хранения информации, в том числе виды источников информации, поисковые системы и системы хранения информации, требования информационной безопасности, включая защиту государственной тайны У-ОПК-3 [1] – Уметь осуществлять поиск, хранение, анализ и обработку информации, представлять ее в требуемом формате; применять компьютерные и сетевые технологии, выполнять требования информационной безопасности и защиты государственной тайны В-ОПК-3 [1] – Владеть навыком поиска, хранения, обработки и анализа информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ОПК-4 [1] – Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы,	З-ОПК-4 [1] – Знать основные принципы и требования построения алгоритмов, синтаксис языка программирования

<p>пригодные для практического применения</p>	<p>У-ОПК-4 [1] – Уметь разрабатывать алгоритмы для решения практических задач согласно предъявляемым требованиям В-ОПК-4 [1] – Владеть средой программирования и отладки для разработки программ для практического применения</p>
<p>УКЦ-1 [1] – Способен в цифровой среде использовать различные цифровые средства, позволяющие во взаимодействии с другими людьми достигать поставленных целей</p>	<p>З-УКЦ-1 [1] – Знать: современные информационные технологии и цифровые средства коммуникации, в том числе отечественного производства, а также основные приемы и нормы социального взаимодействия и технологии межличностной и групповой коммуникации с использованием дистанционных технологий У-УКЦ-1 [1] – Уметь: выбирать современные информационные технологии и цифровые средства коммуникации, в том числе отечественного производства, а также устанавливать и поддерживать контакты, обеспечивающие успешную работу в коллективе и применять основные методы и нормы социального взаимодействия для реализации своей роли и взаимодействия внутри команды с использованием дистанционных технологий В-УКЦ-1 [1] – Владеть: навыками применения современных информационных технологий и цифровых средств коммуникации, в том числе отечественного производства, а также методами и приемами социального взаимодействия и работы в команде с использованием дистанционных технологий</p>
<p>УКЦ-2 [1] – Способен искать нужные источники информации и данные, воспринимать, анализировать, запоминать и передавать информацию с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач</p>	<p>З-УКЦ-2 [1] – Знать: методики сбора и обработки информации с использованием цифровых средств, а также актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности, принципы, методы и средства решения стандартных задач профессиональной деятельности с использованием цифровых средств и с учетом основных требований информационной безопасности У-УКЦ-2 [1] – Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; с использованием цифровых средств, осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников, и решать стандартные задачи профессиональной деятельности с использованием цифровых средств и с учетом основных требований информационной безопасности В-УКЦ-2 [1] – Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации с использованием цифровых средств для решения поставленных задач, навыками подготовки обзоров, аннотаций, составления рефератов, научных докладов, публикаций и библиографии по научно-исследовательской работе с использованием цифровых средств и с учетом требований информационной</p>

	безопасности
УКЦ-3 [1] – Способен ставить себе образовательные цели под возникающие жизненные задачи, подбирать способы решения и средства развития (в том числе с использованием цифровых средств) других необходимых компетенций	<p>З-УКЦ-3 [1] – Знать: основные приемы эффективного управления собственным временем, основные методики самоконтроля, саморазвития и самообразования на протяжении всей жизни с использованием цифровых средств</p> <p>У-УКЦ-3 [1] – Уметь: эффективно планировать и контролировать собственное время, использовать методы саморегуляции, саморазвития и самообучения в течение всей жизни с использованием цифровых средств</p> <p>В-УКЦ-3 [1] – Владеть: методами управления собственным временем, технологиями приобретения, использования и обновления социокультурных и профессиональных знаний, умений, и навыков; методиками саморазвития и самообразования в течение всей жизни с использованием цифровых средств</p>

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			
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности	ядерно-физические процессы, протекающие в оборудовании и устройствах для выработки, преобразования и использования ядерной и тепловой энергии; безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;	<p>ПК-2 [1] - Способен проводить математическое моделирование для анализа всей совокупности процессов в ядерно-энергетическом и тепломеханическом оборудовании АЭС</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, 40.008, 40.011</p>	<p>З-ПК-2[1] - знать методы математического анализа для моделирования процессов в ядерно-энергетическом и тепломеханическом оборудовании АЭС ;</p> <p>У-ПК-2[1] - уметь проводить математическое моделирование процессов в ядерно-энергетическом и тепломеханическом оборудовании АЭС,;</p> <p>В-ПК-2[1] - владеть стандартными пакетами автоматизированного проектирования и исследований</p>
проектный			

<p>проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности</p>	<p>ядерно-физические процессы, протекающие в оборудовании и устройствах для выработки, преобразования и использования ядерной и тепловой энергии; ядерно-энергетическое оборудование атомных электрических станций и других ядерных энергетических установок; безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;</p>	<p>ПК-8 [1] - Способен использовать информационные технологии при разработке новых установок, материалов, приборов и систем, готовностью осуществлять сбор, анализ и подготовку исходных данных для проектов ЯЭУ и их компонентов</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, 40.008</p>	<p>З-ПК-8[1] - Знать основные физические законы и стандартные прикладные пакеты используемые при проектировании физических установок и систем; ; У-ПК-8[1] - уметь применять информационные технологии и прикладные пакеты используемые при проектировании физических установок и систем;; В-ПК-8[1] - владеть методами анализа и исходных данных для проектов ЯЭУ и их компонентов</p>
--	---	--	---

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
<p>Профессиональное воспитание</p>	<p>Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17)</p>	<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</p>

		<p>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 (В18)	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.

## 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>5 Семестр</i>						
1	Введение в вычислительную теплофизику.	1-8	0/8/8		25	КИ-8	З-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3, З-ОПК-

							4, У- ОПК- 4, В- ОПК- 4, 3-ПК- 2, У- ПК-2, В- ПК-2, 3-ПК- 8, У- ПК-8, В- ПК-8, 3- УКЦ- 1, У- УКЦ- 1, В- УКЦ- 1, 3- УКЦ- 2, У- УКЦ- 2, В- УКЦ- 2, 3- УКЦ- 3, У- УКЦ- 3, В- УКЦ- 3
2	Методы расчета средних температур на моделях с сосредоточенными параметрами.	9-15	0/8/8		25	КИ-16	3- ОПК- 3, У- ОПК- 3,

						В- ОПК- 3, 3- ОПК- 4, У- ОПК- 4, В- ОПК- 4, 3-ПК- 2, У- ПК-2, В- ПК-2, 3-ПК- 8, У- ПК-8, В- ПК-8, 3- УКЦ- 1, У- УКЦ- 1, В- УКЦ- 1, 3- УКЦ- 2, У- УКЦ- 2, В- УКЦ- 2, 3- УКЦ- 3, У- УКЦ- 3, В- УКЦ- 3
	<i>Итого за 5 Семестр</i>		0/16/16		50	



	<b>Контрольные мероприятия за 5 Семестр</b>			50	3	3- ОПК- 3, У- ОПК- 3, В- ОПК- 3, 3- ОПК- 4, У- ОПК- 4, В- ОПК- 4, 3-ПК- 2, У- ПК-2, В- ПК-2, 3-ПК- 8, У- ПК-8, В- ПК-8, 3- УКЦ- 1, У- УКЦ- 1, В- УКЦ- 1, 3- УКЦ- 2, У- УКЦ- 2, В- УКЦ- 2, 3- УКЦ- 3, У-
--	---	--	--	----	---	--

							УКЦ-3, В-УКЦ-3
	<i>6 Семестр</i>						
1	Введение вычислительную теплофизику	в	1-8	0/8/8		25	КИ-8 3-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3, 3-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1, 3-УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-

							УКЦ-2, 3-УКЦ-3, У-УКЦ-3, В-УКЦ-3
2	Методы расчета средних температур на моделях с сосредоточенными параметрами.	9-15	0/7/7		25	КИ-15	3-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3, 3-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1, 3-УКЦ-

							2, У- УКЦ- 2, В- УКЦ- 2, 3- УКЦ- 3, У- УКЦ- 3, В- УКЦ- 3
	<i>Итого за 6 Семестр</i>		0/15/15		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 6 Семестр</b>				50	3	3- ОПК- 3, У- ОПК- 3, В- ОПК- 3, 3- ОПК- 4, У- ОПК- 4, В- ОПК- 4, 3-ПК- 2, У- ПК-2, В- ПК-2, 3-ПК- 8, У- ПК-8, В- ПК-8, 3- УКЦ- 1, У- УКЦ-

							1, В- УКЦ- 1, 3- УКЦ- 2, У- УКЦ- 2, В- УКЦ- 2, 3- УКЦ- 3, У- УКЦ- 3, В- УКЦ- 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
З	Зачет

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>5 Семестр</i>	0	16	16
<b>1-8</b>	<b>Введение в вычислительную теплофизику.</b>	0	8	8
1	<b>Введение в вычислительную теплофизику.</b> Сравнение экспериментального, теоретического и вычислительного подходов к решению задач теплофизики. Содержание курса.	Всего аудиторных часов		
		0	4	4
		Онлайн		
		0	0	0
2 - 4	<b>Реализация на ЭВМ точных аналитических задач теплообмена.</b> Методы решения трансцендентных уравнений и расчета определенных интегралов. Особенности численного расчета рядов.	Всего аудиторных часов		
		0	4	4
		Онлайн		
		0	0	0
<b>9-15</b>	<b>Методы расчета средних температур на моделях с сосредоточенными параметрами.</b>	0	8	8

5 - 10	<b>Методы расчета средних температур на моделях с сосредоточенными параметрами.</b> Численное решение систем линейных и нелинейных уравнений. Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) и особенности их реализации для систем ОДУ.	Всего аудиторных часов		
		0	4	4
		Онлайн		
11 - 15	<b>Моделирование процессов тепломассопереноса в сложных системах</b> Дискретизация одномерных уравнений тепломассопереноса. Методы конечных разностей. Методы конечных элементов	Всего аудиторных часов		
		0	4	4
		Онлайн		
	<i>6 Семестр</i>	0	15	15
1-8	<b>Введение в вычислительную теплофизику</b>	0	8	8
1 - 4	<b>Введение в вычислительную теплофизику.</b> Сравнение экспериментального, теоретического и вычислительного подходов к решению задач теплофизики. Содержание курса.	Всего аудиторных часов		
		0	4	4
		Онлайн		
5 - 8	<b>Конечно-разностные методы решения уравнения теплопроводности.</b> Основные понятия теории разностных схем. Построение разностных схем методом баланса. Явная и неявная схемы. Метод прогонки. Разностные схемы для многомерных задач. Локально-одномерная схема.	Всего аудиторных часов		
		0	4	4
		Онлайн		
9-15	<b>Методы расчета средних температур на моделях с сосредоточенными параметрами.</b>	0	7	7
9 - 12	<b>Конечно-разностные методы решения уравнения конвективного теплопереноса.</b> Особенности аппроксимации конвективных членов. Разности “против потока”, схема бегущего счета.	Всего аудиторных часов		
		0	3	3
		Онлайн		
13 - 15	<b>Моделирование процессов тепломассопереноса в сложных системах, представимых в виде сетей.</b> Способы представления гидравлической сети в виде графа. Моделирование гидравлической сети методом элементарных балансов. Моделирование гидравлической сети методом постановки краевых задач на графе.	Всего аудиторных часов		
		0	4	4
		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 ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>5 Семестр</i>
1 - 3	<b>1. Методы решения трансцендентных уравнений</b> Сравнение скорости сходимости методов численного решения трансцендентных уравнений.
4 - 5	<b>2. Методы расчета определенных интегралов</b> Исследование точности различных методов численного интегрирования.
6 - 8	<b>3. Решение систем линейных и нелинейных уравнений</b> Изучение методов прямого и итерационного решения систем уравнений.
9 - 11	<b>4. Исследование сходимости методов разностного решения обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ)</b> Определение скорости сходимости различных методов численного решения ОДУ и влияния на нее порядка аппроксимации разностной схемы.
12 - 14	<b>5. Исследование устойчивости методов разностного решения ОДУ</b> Определение границы устойчивости различных методов численного решения ОДУ.
15 - 16	<b>6. Оценка погрешности методов разностного решения ОДУ</b> Оценка локальной и полной погрешности результатов численного решения ОДУ и определение их связи с истинной погрешностью в зависимости от используемой разностной схемы.
	<i>6 Семестр</i>
1 - 3	<b>1. Разностные схемы для одномерного нестационарного уравнения теплопроводности</b> Исследование влияния степени неявности разностной схемы на устойчивость, монотонность и точность полученного разностного решения одномерного нестационарного уравнения теплопроводности.
4 - 6	<b>2. Двухмерное стационарное поле температур в стержневом тепловыделяющем элементе</b> Исследование влияния параметров пространственного разбиения твэла на точность, получаемого распределения поля температур.
7 - 9	<b>3. Двухмерное нестационарное поле температур в стержневом тепловыделяющем элементе</b> Исследование влияния параметров пространственного разбиения твэла и величины временного шага на точность, получаемого распределения поля температур.
10 - 12	<b>4. Знакомство с системой «ЭНИКАД». Элементы САПР теплогидравлики</b> Знакомство с интерфейсом САПР теплогидравлики «ЭНИКАД» и основными элементами ее библиотеки.
13	<b>5. Исследование точности моделирования переходного процесса и границ устойчивости численной схемы</b> Исследование зависимости асимптотической точности модели одномерного течения жидкости от шага временной

	и пространственной дискретизации.
14 - 15	<b>6. Исследование постоянных времени подогрева одномерного канала</b> Изучение влияния пространственной дискретизации на значения постоянных времени нагрева теплоносителя.

#### ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>5 Семестр</i>
1	<b>Введение в вычислительную теплофизику.</b> Реализация на ЭВМ точных аналитических задач теплообмена.
2 - 4	<b>Реализация на ЭВМ точных аналитических задач теплообмена.</b> Методы решения трансцендентных уравнений и расчета определенных интегралов. Особенности численного расчета рядов.
5 - 10	<b>Методы расчета средних температур на моделях с сосредоточенными параметрами.</b> Численное решение систем линейных и нелинейных уравнений. Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) и особенности их реализации для систем ОДУ.
11 - 15	<b>Моделирование процессов тепломассопереноса в сложных системах</b> Дискретизация одномерных уравнений тепломассопереноса. Методы конечных разностей. Методы конечных элементов
	<i>6 Семестр</i>
1 - 4	<b>Введение в вычислительную теплофизику.</b> Сравнение экспериментального, теоретического и вычислительного подходов к решению задач теплофизики. Содержание курса.
5 - 8	<b>Конечно-разностные методы решения уравнения теплопроводности.</b> Основные понятия теории разностных схем. Построение разностных схем методом баланса. Явная и неявная схемы. Метод прогонки. Разностные схемы для многомерных задач. Локально-одномерная схема.
9 - 12	<b>Конечно-разностные методы решения уравнения конвективного теплопереноса.</b> Особенности аппроксимации конвективных членов. Разности “против потока”, схема бегущего счета.
13 - 15	<b>Моделирование процессов тепломассопереноса в сложных системах, представимых в виде сетей.</b> Способы представления гидравлической сети в виде графа. Моделирование гидравлической сети методом элементарных балансов. Моделирование гидравлической сети методом постановки краевых задач на графе.



## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Предусматривается широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий (компьютерные практикумы, разбор домашних заданий, система контрольно-измерительных материалов, включая тесты) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

## 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)
ОПК-3	З-ОПК-3	З, КИ-8, КИ-16	З, КИ-8, КИ-15
	У-ОПК-3	З, КИ-8, КИ-16	З, КИ-8, КИ-15
	В-ОПК-3	З, КИ-8, КИ-16	З, КИ-8, КИ-15
ОПК-4	З-ОПК-4	З, КИ-8, КИ-16	З, КИ-8, КИ-15
	У-ОПК-4	З, КИ-8, КИ-16	З, КИ-8, КИ-15
	В-ОПК-4	З, КИ-8, КИ-16	З, КИ-8, КИ-15
ПК-2	З-ПК-2	З, КИ-8, КИ-16	З, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-2	З, КИ-8, КИ-16	З, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-2	З, КИ-8, КИ-16	З, КИ-8, КИ-15
ПК-8	З-ПК-8	З, КИ-8, КИ-16	З, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-8	З, КИ-8, КИ-16	З, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-8	З, КИ-8, КИ-16	З, КИ-8, КИ-15
УКЦ-1	З-УКЦ-1	З, КИ-8, КИ-16	З, КИ-8, КИ-15
	У-УКЦ-1	З, КИ-8, КИ-16	З, КИ-8, КИ-15
	В-УКЦ-1	З, КИ-8, КИ-16	З, КИ-8, КИ-15
УКЦ-2	З-УКЦ-2	З, КИ-8, КИ-16	З, КИ-8, КИ-15
	У-УКЦ-2	З, КИ-8, КИ-16	З, КИ-8, КИ-15
	В-УКЦ-2	З, КИ-8, КИ-16	З, КИ-8, КИ-15
УКЦ-3	З-УКЦ-3	З, КИ-8, КИ-16	З, КИ-8, КИ-15
	У-УКЦ-3	З, КИ-8, КИ-16	З, КИ-8, КИ-15
	В-УКЦ-3	З, КИ-8, КИ-16	З, 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.

## 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ В27 Numerical Approximation of Partial Differential Equations : , Cham: Springer International Publishing, 2016
2. ЭИ К42 Numerical Methods and Modelling for Engineering : , Cham: Springer International Publishing, 2016
3. ЭИ L44 Partial Differential Equations: Modeling, Analysis and Numerical Approximation : , Cham: Springer International Publishing, 2016
4. 519 К59 Примеры решения задач математического моделирования : учебно-методическое пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2014
5. ЭИ К59 Примеры решения задач математического моделирования : учебно-методическое пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2014

6. ЭИ Г96 Сборник домашних заданий по уравнениям математической физики : учебно-методическое пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
7. 519 Р28 Численные методы : компьютерный практикум, В. И. Ращиков, Москва: НИЯУ МИФИ, 2010
8. ЭИ Р28 Численные методы. Компьютерный практикум : учебно-методическое пособие для вузов, В. И. Ращиков, Москва: НИЯУ МИФИ, 2010
9. 004 А19 Современная информатика : учебное пособие для вузов, Г. П. Аверьянов, В. В. Дмитриева, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
10. 517 Г96 Сборник домашних заданий по уравнениям математической физики : учебно-методическое пособие для вузов, И. Л. Гусева, О. В. Шерстюкова, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
11. ЭИ А19 Современная информатика : учебное пособие для вузов, Т.Н. Джаксон, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 519 Б30 Численные методы : учебное пособие для вузов, Москва: Бинوم. Лаборатория знаний, 2015
2. 519 Ч-67 Численные методы Кн.1 Численный анализ, Москва: Академия, 2013
3. 519 Ч-67 Численные методы Кн.2 Методы математической физики, Москва: Академия, 2013
4. 519 С17 Численные методы и программирование на Фортране для персонального компьютера : , А.Б. Самохин, А.С. Самохина, М.: Радио и связь, 1996
5. 519 В63 Численные методы расчета одномерных систем : , А.Ф. Воеводин, С.М. Шугрин, 1981
6. 533 Д81 Применение ЭВМ для решения задач теплообмена : учеб. пособие для вузов, Г. Н. Дульнев, В. Г. Парфенов, А. В. Сигалов, Москва: Высшая школа, 1990
7. 519 К17 Численные методы : Учебное пособие для вузов, Калиткин Н.Н., М.: Наука, 1978
8. 519 Б30 Численные методы в задачах и упражнениях : , Н. С. Бахвалов, А. В. Лапин, Е. В. Чижонков, М.: Высш. школа, 2000
9. 519 Б30 Численные методы в задачах и упражнениях : учебное пособие для вузов, Н. С. Бахвалов, А. В. Лапин, Е. В. Чижонков, Москва: Бинوم. Лаборатория знаний, 2010
10. 519 Б30 Численные методы : Учеб. пособие для вузов, Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков, М.: Бином, Лаборатория знаний, 2003
11. Отч. И88 Исследование неравновесных процессов в полупроводниках группы АІІ ВV при низких температурах. Ч.2 : отчет о НИР проблемной лаборатории, рук. работы : Ю. А. Быковский, В. Ф. Елесин ; исполн. : Е. А. Протасов [и др.], Москва: МИФИ, 1972

12. Отч. И88 Исследование неравновесных процессов в полупроводниках группы АIII BV при низких температурах. Ч.1 : отчет о НИР проблемной лаборатории, рук. работы : Ю. А. Быковский, В. Ф. Елесин ; исполн. : Е. А. Протасов [и др.], Москва: МИФИ, 1971

13. 621.039 М31 Моделирование теплогидравлических процессов в реакторных установках и элементах теплообменного оборудования ЯЭУ : лабораторный практикум: учебное пособие для вузов, Ю. А. Маслов , И. Г. Меринов, Н. О. Рябов, Москва: МИФИ, 2008

14. ЭИ М31 Моделирование теплогидравлических процессов в реакторных установках и элементах теплообменного оборудования ЯЭУ : лабораторный практикум: учебное пособие для вузов, Ю. А. Маслов, И. Г. Меринов, Н. О. Рябов, Москва: МИФИ, 2008

#### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

#### LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

1. World-nuclear (<http://world-nuclear.org/>)
2. Росатом ([www.rosatom.ru](http://www.rosatom.ru))
3. Росэнергоатом (<http://www.rosenergoatom.ru>)
4. Урановый холдинг АРМЗ (<http://www.armz.ru>)
5. ТВЭЛ (<http://www.tvel.ru>)
6. ВЭБ элемент (<http://www.webelements.com>)

<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**

При выполнении лабораторных работ и домашнего задания требуется знание численных методов, используемых при численном решении систем алгебраических уравнений и обыкновенных дифференциальных уравнений.

### **11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

Для успешного освоения материала студентами на лекциях желательно выдавать раздаточный материал или подготовить презентации по основным методам численного решения рассматриваемых в курсе задач: решение трансцендентных уравнений, расчет

определенных интегралов, решение систем алгебраических и обыкновенных дифференциальных уравнений.

Основное внимание следует уделить изложению базовых понятий численных методов, используемых при решении рассматриваемых задач. Студенты должны четко представлять, как отличаются области определения точного и разностного решения, основные свойства разностных схем и их взаимосвязь.

При изучении численных методов решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений необходимо подробно изложить основные подходы, применяемые для получения различных классов разностных схем. Студенты должны хорошо представлять основные преимущества и недостатки одношаговых, многошаговых и многозначных методов численного решения.

Лабораторные работы предназначены для закрепления полученных на знаниях. Перед выполнением работы студенты должны повторить соответствующие разделы курса, что должно быть проконтролировано перед проведением лабораторной работы.

Отчет о выполненной работе должен обязательно включать материалы соответствующего раздела курса, а при приеме отчета следует обратить внимание на знание студентом основных теоретических положений, положенных в основу лабораторной работы.

Автор(ы):

Меринов Игорь Геннадьевич, к.т.н.

Рецензент(ы):

доцент Харитонов В.С., доцент Корсун А.С.