

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Наименование образовательной программы: Системы автоматизированного проектирования

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Обязательная</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.О.21</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>4 семестр - 5;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>180 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>4 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>4 семестр - 16 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>4 семестр - 16 часов;</b>
<b>Консультации</b>	<b>4 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>4 семестр - 113,5 часов;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b> <b>Лабораторная работа</b> <b>Расчетно-графическая работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>4 семестр - 0,5 часа;</b>

**Москва 2022**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Крупин Г.В.
	Идентификатор	R4188c978-KrupinGV-f4595e2b

(подпись)

Г.В. Крупин

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Андреева И.Н.
	Идентификатор	Rb5322c60-AndreevaIN-0472a135

(подпись)

И.Н. Андреева

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Топорков В.В.
	Идентификатор	Rc76a6458-ToporkovVV-1f71a135

(подпись)

В.В. Топорков

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** состоит в изучении принципов и закономерностей современных численных методов и их теоретического обоснования, освоении методов численного решения основных математических задач, возникающих в инженерной практике, формировании понятий о способах построения и применения математических моделей и проведения расчетов по ним

### Задачи дисциплины

- освоение основных численных методов решения скалярных уравнений и систем линейных уравнений, численных методов аппроксимации, методов численного дифференцирования и интегрирования, численных методов решения обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных;

- освоение подходов к теоретическому обоснованию свойств вышеперечисленных методов, анализу их точности, условий применимости и т.д.;

- освоение некоторых общих подходов и приемов построения рассматриваемых численных методов.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	ИД-2 <sub>ОПК-1</sub> Решает стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общепрофессиональных знаний, методов математического анализа и моделирования	уметь: - грамотно реализовывать расчетные формулы вычислительных методов, используя алгоритмические языки программирования или специальные средства математических пакетов прикладных программ; - анализировать точность (погрешность) полученного численного решения, в том числе давать рекомендации по возможности достижения требуемой точности; - выводить расчетные формулы вычислительных методов, строго обосновывать свойства изученных методов (оценки погрешности, сходимости, условия применения); - правильно выбирать численный метод, опираясь на анализ характера поставленной задачи и знание свойств соответствующих численных методов.
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в	ИД-3 <sub>ОПК-1</sub> Демонстрирует знание основных методов теоретического и экспериментального исследования, применяемых в математике, физике и технических науках	знать: - расчетные формулы, условия применения, оценки погрешностей и способы анализа сходимости и точности численных методов решения скалярных уравнений, численных методов решения СЛАУ, методов среднеквадратичного приближения и интерполяции функций; - расчетные формулы, условия применения, оценки погрешностей и

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
профессиональной деятельности		способы анализа сходимости и точности методов численного интегрирования и дифференцирования, численных методов решения ОДУ и уравнений в частных производных.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Системы автоматизированного проектирования (далее – ОПОП), направления подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать алгебру и аналитическую геометрию
- знать математический анализ
- знать программирование

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Основы теории погрешностей и машинной арифметики	16	4	2	4	2	-	-	-	-	-	8	-	<p><b>Подготовка расчетных заданий:</b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Основы теории погрешностей и машинной арифметики". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач (Казенкин К.О. Указания к решению задач по вычислительной математике. Теория погрешностей. Нелинейные уравнения. Системы линейных алгебраических уравнений. М: Издательский дом МЭИ, 2009., с. 5–14,). провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: 1. Найти абсолютную и относительную погрешность заданной функции трех переменных.</p> <p><b>Подготовка к лабораторной работе:</b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Основы теории погрешностей и машинной арифметики" материалу (Амосова О.А., Вестфальский А.Е., Крупин Г.В. Упражнения по основам численных методов. Методическое пособие по вычислительным</p>
1.1	Основы теории погрешностей и машинной арифметики	16		2	4	2	-	-	-	-	-	8	-	

													методам для студентов всех направлений подготовки НИУ «МЭИ», М.: Издательство МЭИ, 2016., с.4–7). Подготовка к защите ЛР1 «Основы теории погрешностей. Осознанное использование ЭВМ». <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], с. 25–45 [2], с. 25–45 [4], с. 5–14 [7], с.4–7
2	Решение нелинейных уравнений	20	4	4	2	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Решение нелинейных уравнений". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач (Казенкин К.О. Указания к решению задач по вычислительной математике. Теория погрешностей. Нелинейные уравнения. Системы линейных алгебраических уравнений. М: Издательский дом МЭИ, 2009. с. 15–22). провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: 1. Локализовать корень заданного нелинейного уравнения и найди его методом бисекции с заданной точностью. 2. Локализовать корень заданного нелинейного уравнения и найди его методом простой итерации с заданной точностью. 3. Найти корень заданного нелинейного уравнения на заданном отрезке методом Ньютона с заданной точностью.
2.1	Решение нелинейных уравнений	20	4	4	2	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов

													<p>обработки результатов (Амосова О.А., Вестфальский А.Е., Крупин Г.В. Упражнения по основам численных методов. Методическое пособие по вычислительным методам для студентов всех направлений подготовки НИУ «МЭИ», М.: Издательство МЭИ, 2016., с.4–7, с.8–10) по изученному в разделе "Решение нелинейных уравнений" материалу. Подготовка к защите ЛР2 «Решение нелинейных уравнений».</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[1], с. 87–107, 112–125  [2], с. 87–107, 112–125  [4], с. 15–22  [7], с.8–10</p>
3	Решение систем линейных алгебраических уравнений	21	4	4	3	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Решение систем линейных алгебраических уравнений". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач (Казенкин К.О. Указания к решению задач по вычислительной математике. Теория погрешностей. Нелинейные уравнения. Системы линейных алгебраических уравнений. М: Издательский дом МЭИ, 2009., с. 23–36.), провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: 1. Решить заданную СЛАУ методом Гаусса. 2. Решить заданную СЛАУ методом прогонки. 3. Вычислить нормы заданных матрицы и вектора. Найти относительную погрешность вектора, считая, что его компоненты получены округлением. 4. Осуществить три итерации методами простой итерации и Зейделя для заданной СЛАУ. Выписать апостериорные</p>
3.1	Решение систем линейных алгебраических уравнений	21	4	4	3	-	-	-	-	-	10	-	

														оценки погрешности. Оценить уменьшение нормы невязки за три итерации. <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Решение систем линейных алгебраических уравнений и подготовка к контрольной работе: Амосова О.А., Вестфальский А.Е., Крупин Г.В. Упражнения по основам численных методов. Методическое пособие по вычислительным методам для студентов всех направлений подготовки НИУ «МЭИ», М.: Издательство МЭИ, 2016., с.11–15 <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], с. 130–135, 145–160, 171–175, 202–214 [2], с. 130–135, 145–160, 171–175, 202–214 [4], с. 23–36 [7], с.11–15
4	Приближение функций по методу наименьших квадратов. Интерполяция функций	18	4	-	2	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Приближение функций по методу наименьших квадратов. Интерполяция функций". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач (Казенкин К.О. Приближение функций. Численное интегрирование. Численное дифференцирование. Указания к решению задач по вычислительной математике, М: Издательский дом МЭИ, 2012., с. 5–20,). провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: 1. Приблизить таблично заданную функцию МНК многочленами 1 и 2 степеней. 2. Приблизить таблично заданную функцию МНК заданным обобщенным многочленом. 3. Для функции, заданной таблицей, построить интерполяционный многочлен в	
4.1	Приближение функций по методу наименьших квадратов. Интерполяция функций	18	4	-	2	-	-	-	-	-	12	-		



													<p>формах Лагранжа и Ньютона. 4. Для функции, заданной таблицей, построить интерполяционный многочлен в форме Ньютона, оценить практически погрешность приближения в заданной точке.</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Приближение функций по методу наименьших квадратов. Интерполяция функций и подготовка к контрольной работе: Амосова О.А., Вестфальский А.Е., Крупин Г.В. Упражнения по основам численных методов. Методическое пособие по вычислительным методам для студентов всех направлений подготовки НИУ «МЭИ», М.: Издательство МЭИ, 2016., с.16–20</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], с. 347–359, 366–388, 400–414 [2], с. 347–359, 366–388, 400–414 [5], с. 5–20 [7], с.16–20</p>	
5	Численное интегрирование и дифференцирование	19		5	-	2	-	-	-	-	-	12	-	<p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Численное интегрирование и дифференцирование". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач (Казенкин К.О. Приближение функций. Численное интегрирование. Численное дифференцирование. Указания к решению задач по вычислительной математике, М: Издательский дом МЭИ, 2012., с. 25–32, 37–41.), провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: 1. Вычислить приближенно заданный определенный интеграл формулами центральных прямоугольников,</p>
5.1	Численное интегрирование и дифференцирование	19		5	-	2	-	-	-	-	-	12	-	<p>Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Численное интегрирование и дифференцирование". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач (Казенкин К.О. Приближение функций. Численное интегрирование. Численное дифференцирование. Указания к решению задач по вычислительной математике, М: Издательский дом МЭИ, 2012., с. 25–32, 37–41.), провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: 1. Вычислить приближенно заданный определенный интеграл формулами центральных прямоугольников,</p>

													<p>трапеций, Симпсона, оценить погрешность с помощью априорных оценок и по правилу Рунге. 2. Найти шаг, достаточный для вычисления заданного интеграла с заданной точностью формулой трапеций. 3. Вычислить приближенно значение производной заданной функции в заданной точке по заданным формулам.</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Численное интегрирование и дифференцирование" материалу (Амосова О.А., Вестфальский А.Е., Крупин Г.В. Упражнения по основам численных методов. Методическое пособие по вычислительным методам для студентов всех направлений подготовки НИУ «МЭИ», М.: Издательство МЭИ, 2016., с.21–26). Подготовка к защите ЛР3 «Численное интегрирование».</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>  [1], с. 426–433, 437–445, 455–464  [2], с. 426–433, 437–445, 455–464  [5], с. 25–32, 37–41  [7], с.21–26</p>
6	Численное решение задачи Коши	27	7	4	2	-	-	-	-	-	14	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Численное решение задачи Коши" материалу (Амосова О.А., Вестфальский А.Е., Крупин Г.В. Упражнения по основам численных методов. Методическое пособие</p>
6.1	Численное решение задачи Коши	27	7	4	2	-	-	-	-	-	14	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Численное решение задачи Коши" материалу (Амосова О.А., Вестфальский А.Е., Крупин Г.В. Упражнения по основам численных методов. Методическое пособие</p>

													<p>по вычислительным методам для студентов всех направлений подготовки НИУ «МЭИ», М.: Издательство МЭИ, 2016., с.27–29). Подготовка защите ЛР4 «Численное решение задачи Коши».</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Численное решение задачи Коши". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач (Казенкин К.О. Приближение функций. Численное интегрирование. Численное дифференцирование. Указания к решению задач по вычислительной математике, М: Издательский дом МЭИ, 2012., с. 25–32, 37–41). провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: 1. Решить заданную задачу Коши явным методом Эйлера, методом Рунге-Кутты 2 порядка точности, выписать оценки погрешности по правилу Рунге.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>  [1], с. 476–516, 530–533  [2], с. 476–516, 530–533  [6], с. 5–15, 26–29  [7], с.27–29</p>
7	Численное решение краевых задач	23	6	-	3	-	-	-	-	-	14	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение материала по разделу "Численное решение краевых задач": Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы: учебное пособие для физико-математических специальностей вузов – 6-е изд. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006., §§10.2, 10.5, 10.6, (с. 497–512, 520–543) Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. М.:</p>
7.1	Численное решение краевых задач	23	6	-	3	-	-	-	-	-	14	-	

													<p>Наука, 1989., с. 272–278, 281–283, 291–293</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Численное решение краевых задач". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач (Казенкин К.О. Численное решение задачи Коши. Численное решение двухточечных краевых задач. Указания к решению задач по вычислительной математике, М: Издательство МЭИ, 2014., с. 30–35). провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: 1. Решить краевую задачу для заданного одномерного стационарного уравнения теплопроводности, выписать оценки погрешности по правилу Рунге.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[1], с. 555–579  [2], с. 555–579  [3], с. 497–512, 520–543  [6], с. 30–35  [7], с.30–31  [8], с. 272–278, 281–283, 291–293</p>
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	180.0	32	16	16	-	2	-	-	0.5	80	33.5	
	Итого за семестр	180.0	32	16	16		2		-	0.5		113.5	

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## 3.2 Краткое содержание разделов

### 1. Основы теории погрешностей и машинной арифметики

#### 1.1. Основы теории погрешностей и машинной арифметики

Источники и классификация погрешностей. Абсолютная и относительная погрешности. Округление. Понятие верной цифры. Погрешности (относительные) арифметических операций. Погрешность функции одной и многих переменных в зависимости от погрешностей аргументов. Представление чисел в ЭВМ. Понятия машинного эпсилон, машинной бесконечности, машинного нуля.

### 2. Решение нелинейных уравнений

#### 2.1. Решение нелинейных уравнений

Постановка задачи поиска приближенного решения нелинейного уравнения. Локализация корней. Метод бисекции: алгоритм и теорема сходимости. Метод простой итерации. Достаточное условие сходимости. Априорные и апостериорные оценки погрешности. Метод простой итерации с параметром. Метод Ньютона. Теорема сходимости (с доказательством оценки погрешности). Достоинства и недостатки метода Ньютона. Порядок сходимости. Модификации метода Ньютона (метод секущих, упрощенный метод Ньютона и др.).

### 3. Решение систем линейных алгебраических уравнений

#### 3.1. Решение систем линейных алгебраических уравнений

Прямые и итерационные методы решения. Метод Гаусса и его модификации с выбором главного элемента. Трудоемкость метода Гаусса. Метод прогонки. Алгоритм и трудоемкость метода. Нормы векторов и матриц. Постановка задачи поиска приближенного решения СЛАУ итерационным методом. Метод простой итерации, метод Зейделя: алгоритмы и теоремы сходимости. Практический критерий окончания итерация (уменьшение нормы невязки).

### 4. Приближение функций по методу наименьших квадратов. Интерполяция функций

#### 4.1. Приближение функций по методу наименьших квадратов. Интерполяция функций

Постановка задачи приближения функций. Среднеквадратичное отклонение. Линейная задача Метода наименьших квадратов. Вывод нормальной системы метода, ее разрешимость. Приближение алгебраическими многочленами. Постановка задачи глобальной полиномиальной интерполяции. Существование и единственность интерполяционного многочлена. Многочлен в форме Лагранжа. Погрешность интерполяции. Интерполяционный многочлен в форме Ньютона с конечными и с разделенными разностями. Сложности использования глобальной интерполяции.

### 5. Численное интегрирование и дифференцирование

#### 5.1. Численное интегрирование и дифференцирование

Постановка задачи численного интегрирования. Формулы прямоугольников, трапеций, Симпсона и их оценки погрешности. Правило Рунге оценки погрешностей (с выводом). Решение задачи с заданной точностью. Постановка задачи численного дифференцирования. Левая, правая и центральная разностные производные (первого порядка). Вторая разностная производная. Их оценки погрешности. Формулы интерполяционного типа.

### 6. Численное решение задачи Коши

### 6.1. Численное решение задачи Коши

Постановка задачи Коши. Дискретизация задачи на примере одношагового метода. Основные характеристики численных методов: явность/неявность, одно-/многшаговость. Аппроксимация, устойчивость и сходимость численных методов. Понятие о локальной и глобальной погрешностях. Явный метод Эйлера. Модификации метода Эйлера 2-го порядка точности. неявный метод Эйлера. Методы Рунге-Кутты. Общая формула  $m$ -этапного метода. Однопараметрическое семейство методов Рунге-Кутты 2-го порядка точности. Методы, основанные на использовании формулы Тейлора. Правило Рунге оценки погрешности. Организация программ с автоматическим выбором шага.

## 7. Численное решение краевых задач

### 7.1. Численное решение краевых задач

Постановка краевой задачи для одномерного стационарного уравнения теплопроводности. Дискретизация задачи. Сетка, сеточные функции. Построение разностной схемы для решения первой краевой задачи с постоянным коэффициентом теплопроводности. Разрешимость. Использование метода прогонки. Устойчивость, аппроксимация и сходимость. Разностная схема для решения первой краевой задачи с переменным коэффициентом теплопроводности. Аппроксимация краевых условий второго рода со вторым порядком точности. Численное решение начально-краевой задачи для нестационарного уравнения теплопроводности. Постановка задачи. Явная разностная схема и ее свойства. Условие устойчивости. Чисто неявная разностная схема и ее свойства. Симметричная разностная схема. Задача Дирихле для уравнения Пуассона. Постановка задачи в прямоугольнике. Дискретизация задачи, построение разностной схемы на пятиточечном шаблоне. Свойства разностной схемы. Устойчивость, аппроксимация и сходимость. Итерационные методы решения. Исследование матрицы системы.

## 3.3. Темы практических занятий

1. Теория погрешностей и машинная арифметика. Понятие верной цифры. Погрешность функции одной и многих переменных в зависимости от погрешностей аргументов.;
2. Решение нелинейных уравнений. Локализация корней. Метод бисекции. Метод простой итерации. Метод Ньютона.;
3. Решение систем линейных алгебраических уравнений. Метод Гаусса и его модификации с выбором главного элемента. Метод прогонки. Нормы векторов и матриц. Метод простой итерации, метод Зейделя.;
4. Приближение функций. Метод наименьших квадратов. Построение нормальной системы метода. Среднеквадратичное отклонение. Интерполяция функций многочленами. Построение многочлена Лагранжа и многочлена Ньютона с конечными и с разделенными разностями. Оценка погрешности интерполяции.;
5. Численное интегрирование. Формулы прямоугольников, трапеций, Симпсона. Априорные оценки погрешности и оценка погрешности по правилу Рунге. Численное дифференцирование.;
6. Численное решение задачи Коши. Явный метод Эйлера. Усовершенствованный метод Эйлера и метод Эйлера-Коши. неявный метод Эйлера. Оценка погрешности по правилу Рунге.;
7. Численное решение краевой задачи для одномерного стационарного уравнения теплопроводности. Построение разностной схемы. Применение метода прогонки..

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Основы теории погрешностей. Осознанное использование ЭВМ;
2. Решение нелинейных уравнений;
3. Численное интегрирование;
4. Численное решение задачи Коши.

### **3.5 Консультации**

#### *Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)*

1. Обсуждение материалов раздела "Основы теории погрешностей и машинной арифметики"
2. Обсуждение материалов раздела "Решение нелинейных уравнений"
3. Обсуждение материалов раздела "Решение систем линейных алгебраических уравнений"
4. Обсуждение материалов раздела "Приближение функций по методу наименьших квадратов. Интерполяция функций"
5. Обсуждение материалов раздела "Численное интегрирование и дифференцирование"
6. Обсуждение материалов раздела "Численное решение задачи Коши"
7. Обсуждение материалов раздела "Численное решение краевых задач"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)							Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	7	
<b>Знать:</b>									
расчетные формулы, условия применения, оценки погрешностей и способы анализа сходимости и точности методов численного интегрирования и дифференцирования, численных методов решения ОДУ и уравнений в частных производных	ИД-3 <sub>ОПК-1</sub>					+	+	+	Расчетно-графическая работа/Численное интегрирование и дифференцирование. Численное решение задачи Коши и краевых задач
расчетные формулы, условия применения, оценки погрешностей и способы анализа сходимости и точности численных методов решения скалярных уравнений, численных методов решения СЛАУ, методов среднеквадратичного приближения и интерполяции функций	ИД-3 <sub>ОПК-1</sub>	+	+	+	+				Расчетно-графическая работа/Погрешности. Решение нелинейных уравнений. Решение СЛАУ. Приближение функций
<b>Уметь:</b>									
правильно выбирать численный метод, опираясь на анализ характера поставленной задачи и знание свойств соответствующих численных методов	ИД-2 <sub>ОПК-1</sub>					+			Лабораторная работа/Численное интегрирование
выводить расчетные формулы вычислительных методов, строго обосновывать свойства изученных методов (оценки погрешности, сходимость, условия применения)	ИД-2 <sub>ОПК-1</sub>		+						Лабораторная работа/Решение нелинейных уравнений
анализировать точность (погрешность) полученного численного решения, в том числе давать рекомендации по возможности достижения требуемой точности	ИД-2 <sub>ОПК-1</sub>	+							Лабораторная работа/Основы теории погрешностей. Осознанное использование ЭВМ
грамотно реализовывать расчетные формулы вычислительных методов, используя алгоритмические языки программирования или специальные средства математических пакетов прикладных программ	ИД-2 <sub>ОПК-1</sub>						+		Лабораторная работа/Численное решение задачи Коши



## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **4 семестр**

Форма реализации: Защита задания

1. Основы теории погрешностей. Осознанное использование ЭВМ (Лабораторная работа)
2. Решение нелинейных уравнений (Лабораторная работа)
3. Численное интегрирование (Лабораторная работа)
4. Численное решение задачи Коши (Лабораторная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Погрешности. Решение нелинейных уравнений. Решение СЛАУ. Приближение функций (Расчетно-графическая работа)
2. Численное интегрирование и дифференцирование. Численное решение задачи Коши и краевых задач (Расчетно-графическая работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

#### Экзамен (Семестр №4)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих

В диплом выставляется оценка за 4 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Амосов А. А., Дубинский Ю. А., Копченова Н. В.- "Вычислительные методы", (4-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2014 - (672 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=42190](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=42190);
2. Амосов, А. А. Вычислительные методы : учебное пособие / А. А. Амосов, Ю. А. Дубинский, Н. В. Копченова . – 4-е изд., стер . – СПб. : Лань-Пресс, 2014 . – 672 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 978-5-8114-1623-3 .;
3. Бахвалов, Н. С. Численные методы : Учебное пособие для физико-математических специальностей вузов / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков . – 8-е изд . – М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2000 . – 624 с. - ISBN 5-932080-43-4 : 130.00 .;
4. Казенкин, К. О. Указания к решению задач по вычислительной математике. Теория погрешностей. Нелинейные уравнения. Системы линейных алгебраических уравнений : методическое пособие по курсам вычислительных методов по всем направлениям / К. О. Казенкин, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2009 . – 36 с.;
5. Казенкин, К. О. Приближение функций. Численное интегрирование. Численное дифференцирование. Указания к решению задач по вычислительной математике : методическое пособие по курсу "Вычислительные методы" для студентов МЭИ по всем направлениям подготовки / К. О. Казенкин, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Издательский

дом МЭИ, 2012 . – 44 с.

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4384](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4384);

6. Казенкин, К. О. Численное решение задачи Коши. Численное решение двухточечных краевых задач. Указания к решению задач по вычислительной математике : методическое пособие по курсу "Вычислительные методы" по всем направлениям подготовки / К. О. Казенкин, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М., 2014 . – 44 с.;

7. Амосова, О. А. Упражнения по основам численных методов : задачник для всех направлений подготовки НИУ "МЭИ" / О. А. Амосова, А. Е. Вестфальский, Г. В. Крупин, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 32 с.

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8726](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8726);

8. Самарский, А. А. Численные методы : Учебное пособие для вузов по специальности "Прикладная математика" / А. А. Самарский, А. В. Гулин . – М. : Наука, 1989 . – 432 с. - ISBN 5-02-013996-3 ..

## **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. MathCad;
5. Майнд Видеоконференции;
6. Dev-C++;
7. PascalABC;
8. Python.

## **5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

<b>Тип помещения</b>	<b>Номер аудитории, наименование</b>	<b>Оснащение</b>
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Г-306, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	М-818, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Ж-113, Компьютерный класс ИВЦ	стол, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер

промежуточной аттестации	Ж-110, Компьютерный класс ИВЦ	стол, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	М-714, Преподавательская каф. МКМ	рабочее место сотрудника, стул, шкаф, шкаф для документов, шкаф для одежды, тумба, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, книги, учебники, пособия
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	М-309, Кладовая	стол, стул, шкаф для хранения инвентаря

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Вычислительные методы

(название дисциплины)

#### 4 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Основы теории погрешностей. Осознанное использование ЭВМ (Лабораторная работа)
- КМ-2 Решение нелинейных уравнений (Лабораторная работа)
- КМ-3 Погрешности. Решение нелинейных уравнений. Решение СЛАУ. Приближение функций (Расчетно-графическая работа)
- КМ-4 Численное интегрирование (Лабораторная работа)
- КМ-5 Численное решение задачи Коши (Лабораторная работа)
- КМ-6 Численное интегрирование и дифференцирование. Численное решение задачи Коши и краевых задач (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4	8	10	12	15	16
1	Основы теории погрешностей и машинной арифметики							
1.1	Основы теории погрешностей и машинной арифметики		+		+			
2	Решение нелинейных уравнений							
2.1	Решение нелинейных уравнений			+	+			
3	Решение систем линейных алгебраических уравнений							
3.1	Решение систем линейных алгебраических уравнений				+			
4	Приближение функций по методу наименьших квадратов. Интерполяция функций							
4.1	Приближение функций по методу наименьших квадратов. Интерполяция функций				+			
5	Численное интегрирование и дифференцирование							
5.1	Численное интегрирование и дифференцирование					+		+
6	Численное решение задачи Коши							
6.1	Численное решение задачи Коши						+	+

7	Численное решение краевых задач						
7.1	Численное решение краевых задач						+
Вес КМ, %:		10	20	20	20	20	10