

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

---

Направление подготовки/специальность: 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Наименование образовательной программы: Математическое моделирование

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины  
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Обязательная
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.О.19
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	4 семестр - 4; 5 семестр - 6; всего - 10
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	360 часов
<b>Лекции</b>	4 семестр - 32 часа; 5 семестр - 32 часа; всего - 64 часа
<b>Практические занятия</b>	4 семестр - 16 часов; 5 семестр - 16 часов; всего - 32 часа
<b>Лабораторные работы</b>	4 семестр - 16 часов; 5 семестр - 16 часов; всего - 32 часа
<b>Консультации</b>	5 семестр - 18 часов;
<b>Самостоятельная работа</b>	4 семестр - 79,7 часа; 5 семестр - 129,2 часа; всего - 208,9 часов
<b>в том числе на КП/КР</b>	5 семестр - 15,7 часов;
<b>Иная контактная работа</b>	5 семестр - 4 часа;
<b>включая:</b> Лабораторная работа Контрольная работа Тестирование Расчетно-графическая работа	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
Зачет с оценкой	4 семестр - 0,3 часа;
Защита курсовой работы	5 семестр - 0,3 часа;
Экзамен	5 семестр - 0,5 часа;
	всего - 1,1 часа

**Москва 2022**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Амосова О.А.
	Идентификатор	Rf7ad01b5-AmosovaOA-b62f9924

О.А. Амосова

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Черепова М.Ф.
	Идентификатор	R9267877e-CherepovaMF-dbb9bf1

М.Ф. Черепова

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Зубков П.В.
	Идентификатор	R4920bc6f-ZubkovPV-8172426c

П.В. Зубков

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение основных вычислительных методов, получение практических навыков решения задач прикладной математики на ЭВМ, знакомство с базовыми математическими моделями инженерных задач

### Задачи дисциплины

- изучение методов решения скалярных уравнений и систем уравнений, методов приближения функций, методов численного дифференцирования и интегрирования функций, методов решения дифференциальных уравнений и систем;
- теоретическое обоснование свойств вышеперечисленных методов, анализ их точности, условий применимости и т.д.;
- изучение некоторых общих подходов построения численных методов для возможности самостоятельной модификации этих методов или построения новых методов для решения научных задач.

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-2 Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач	ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> Выбирает численный метод, опираясь на анализ поставленной задачи, и реализует соответствующие алгоритмы	знать: - численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений; - методы численного дифференцирования; - методы численного интегрирования; - методы приближения функций; - численные методы решения систем линейных уравнений; - численные методы решения скалярных уравнений; - элементарную теорию погрешностей.  уметь: - применять численные методы алгебры для решения систем уравнений; - использовать алгоритмические языки программирования или специальные средства математических пакетов для решения задач; - выбирать численный метод, опираясь на анализ поставленной задачи.
ОПК-2 Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения	ИД-3 <sub>ОПК-2</sub> Анализирует результаты численного решения задач и оценивает необходимые для выполнения работы ресурсы	знать: - критерии оценки правильности решения задачи.  уметь: - оценивать полученные результаты, а также планировать необходимые для выполнения работы ресурсы.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
прикладных задач		
ОПК-3 Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности	ИД-2 <sub>ОПК-3</sub> Применяет существующие математические методы для анализа свойств математических моделей	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- базовые математические модели инженерных задач.</li> </ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализировать свойства математических моделей и применять инструментальную базу для их численной реализации;</li> <li>- применять численные методы для решения стандартных вычислительных задач.</li> </ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Математическое моделирование (далее – ОПОП), направления подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать математический анализ, линейную алгебру и аналитическую геометрию, дифференциальные уравнения, основы программирования, языки и методы программирования

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 10 зачетных единиц, 360 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	Введение в теорию погрешностей	12	4	4	2	2	-	-	-	-	-	4	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Решение задач Лабораторной работы 1 и подготовка к защите по теоретическому материалу темы.</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Выполнение расчетных заданий по указанной теме</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 3,4 [3], стр. 5-14 [7], стр. 4-7</p>	
1.1	Введение в теорию погрешностей	12		4	2	2	-	-	-	-	-	4	-		
2	Численные методы решения скалярных уравнений	22		4	4	4	-	-	-	-	-	10	-		<p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Выполнение расчетных заданий по указанной теме</p>
2.1	Численные методы решения скалярных уравнений	22		4	4	4	-	-	-	-	-	10	-		<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Решение задач Лабораторной работы 2 и подготовка к защите по теоретическому материалу темы.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 5,6 [3], стр.15-22 [7], стр. 8-10</p>
3	Численные методы решения систем линейных и нелинейных	52		12	6	6	-	-	-	-	-	28	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Решение задач Лабораторных работ 3 и 4 и проработка теоретического материала для защиты темы.</p>	

	уравнений																			
3.1	Численные методы решения систем линейных и нелинейных уравнений	52		12	6	6	-	-	-	-	-	28	-							<p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Выполнение расчетных заданий по указанной теме.</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Численные методы решения систем линейных и нелинейных уравнений и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 26-37, 97-108, 112-127 [2], стр. 7-11 [3], стр.23-37 [7], стр.11-15 [8], стр. 202-215, 245-251</p>
4	Приближение функций	40		12	4	4	-	-	-	-	-	20	-							<p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Выполнение расчетных заданий и подготовка к защите расчетного задания</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Выполнение домашнего задания по теме.</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Приближение функций" и подготовка к тесту.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр 347-358, 366-406 [2], стр.12-15 [4], стр. 9-24</p>
4.1	Приближение функций	40		12	4	4	-	-	-	-	-	20	-							
	Зачет с оценкой	18.0		-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7							
	Всего за семестр	144.0		32	16	16	-	-	-	-	0.3	62	17.7							
	Итого за семестр	144.0		32	16	16	-	-	-	-	0.3	79.7								
5	Численное интегрирование и дифференцирование	26	5	6	4	4	-	-	-	-	-	12	-							<p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Изучение материала по разделу "Численное интегрирование и дифференцирование" и выполнение заданий</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Подготовка к тесту. Задания ориентированы на решения минизадч по разделу</p>
5.1	Численное интегрирование и дифференцирование	26		6	4	4	-	-	-	-	-	12	-							

														<p>"Численное интегрирование и дифференцирование". Студентам необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач.</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.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[2], стр. 16-17 [4], стр.25-36, 37-42 [7], стр. 21-26</p>
6	Численные методы решения задачи Коши	46	10	6	6	-	-	-	-	-	24	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Подготовка к защите Лабораторной работы 6. Повторение теоретического материала и оформление отчета по решению задач текущей темы.</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Изучение материала по разделу "Численные методы решения задачи Коши" и решение задач домашнего задания</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и постановки задач лабораторной работы, а так же изучить способы обработки результатов по теме.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[2], стр. 17-18 [5], стр. 5-59 [7], стр. 27-29</p>	
6.1	Численные методы решения задачи Коши	46	10	6	6	-	-	-	-	-	24	-	<p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Задания</p>	
7	Разностные методы	36	8	4	4	-	-	-	-	-	20	-	<p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Задания</p>	

	решения краевой задачи														ориентированы на решения минизадч по разделу "Разностные методы решения краевой задачи". Студентам необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач, провести расчеты по варианту задания.
7.1	Разностные методы решения краевой задачи	36		8	4	4	-	-	-	-	-	20	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по Лабораторной работе 7 необходимо предварительно изучить тему и постановки задач лабораторной работы, а так же изучить способы обработки результатов по теме: "Разностные методы решения краевой задачи".</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Подготовка к защите Лабораторной работы 7. Повторение теоретического материала и оформление отчета по решению задач текущей темы.</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Разностные методы решения краевой задачи" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 19,20 [5], стр. 30-36 [7], стр. 30-31</p>	
8	Теория разностных схем	36		8	2	2	-	-	-	-	-	24	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Подготовка к защите Лабораторной работы 8. Повторение теоретического материала и оформление отчета по решению задач текущей темы.</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Теория разностных схем" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p>	
8.1	Теория разностных схем	36		8	2	2	-	-	-	-	-	24	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Подготовка к защите Лабораторной работы 8. Повторение теоретического материала и оформление отчета по решению задач текущей темы.</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Теория разностных схем" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p>	



														<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по Лабораторной работе 8 необходимо предварительно изучить тему и постановки задач лабораторной работы, а так же изучить способы обработки результатов по изученному в разделе "Теория разностных схем" материалу. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [6], стр. 6-19
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5		
	Курсовая работа (КР)	36.0	-	-	-	16	-	4	-	0.3	15.7	-		
	<b>Всего за семестр</b>	<b>216.0</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>0.8</b>	<b>95.7</b>	<b>33.5</b>		
	<b>Итого за семестр</b>	<b>216.0</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>18</b>		<b>4</b>		<b>0.8</b>	<b>129.2</b>			
	<b>ИТОГО</b>	<b>360.0</b>	<b>-</b>	<b>64</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>18</b>		<b>4</b>	<b>1.1</b>	<b>208.9</b>			

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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. Введение в теорию погрешностей

#### 1.1. Введение в теорию погрешностей

Источники и классификация погрешностей. Абсолютная и относительная погрешности. Понятие верной цифры. Погрешности арифметических операций. Погрешность функции одной и многих переменных. Обусловленность вычислительной задачи. Представление чисел в ЭВМ. Понятия машинного эпсилон, машинной бесконечности, машинного нуля. Особенности машинной арифметики. Вычислительные задачи. Корректность и обусловленность вычислительных задач. Вычислительные алгоритмы.

### 2. Численные методы решения скалярных уравнений

#### 2.1. Численные методы решения скалярных уравнений

2. Численные методы решения скалярных уравнений. Постановка задачи поиска корня нелинейного уравнения. Локализация корней. Метод бисекции: алгоритм и теорема сходимости. Метод простой итерации. Достаточное условие сходимости. Априорные и апостериорные оценки погрешности. Приведение к виду, удобному для итераций. Метод Ньютона. Теорема сходимости. Достоинства и недостатки метода Ньютона. Модификации метода Ньютона: метод секущих, упрощенный метод Ньютона и др. Нахождение кратных корней. Сравнение численных методов. Интервал неопределенности корня.

### 3. Численные методы решения систем линейных и нелинейных уравнений

#### 3.1. Численные методы решения систем линейных и нелинейных уравнений

Постановка задачи решения линейной системы алгебраических уравнений (СЛАУ). Прямые и итерационные методы решения. Метод Гаусса и его модификации с выбором главного элемента. Трудоемкость метода Гаусса. LU-разложение матрицы и его использование для задач вычислительной алгебры. Метод прогонки. Алгоритм и трудоемкость метода. Системы с симметричными положительно определенными матрицами. Метод Холецкого. Нормы векторов и матриц. Обусловленность задачи решения СЛАУ. Число обусловленности матрицы. Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод простой итерации, метод Зейделя, метод релаксации. Основные алгоритмы, теоремы сходимости. Оценки погрешности методов. Каноническая форма записи расчетных формул итерационных методов. Необходимое и достаточное условия сходимости итерационных методов для систем с положительно определенными матрицами. Понятие о неявных и нестационарных методах. Постановка задачи отыскания решения систем нелинейных уравнений. Корректность и обусловленность задачи. Метод простой итерации: сходимость метода, модификации. Метод Ньютона. Влияние вычислительной погрешности, трудности использования метода Ньютона. Другие подходы к решению задач по решению систем нелинейных уравнений.

### 4. Приближение функций

#### 4.1. Приближение функций

Постановка задачи приближения функций. Среднеквадратичное отклонение. Метод наименьших квадратов. Вывод нормальной системы метода, ее разрешимость. Применение метода наименьших квадратов для решения переопределенных систем. Постановка задачи глобальной полиномиальной интерполяции. Существование и единственность интерполяционного многочлена. Многочлен Лагранжа. Погрешность интерполяции.

Интерполяционный многочлен Ньютона с конечными и с разделенными разностями. Кусочно-полиномиальная интерполяция. Интерполяция сплайнами.

## 5. Численное интегрирование и дифференцирование

### 5.1. Численное интегрирование и дифференцирование

Постановка задачи численного интегрирования. Формулы прямоугольников, трапеций, Симпсона и априорные оценки погрешности. Правило Рунге оценки погрешностей. Понятие об адаптивных процедурах численного интегрирования. Квадратуры Гаусса. Постановка задачи численного дифференцирования. Левая, правая и центральная разностные производные (первого порядка). Вторая разностная производная. Их оценки погрешности. Формулы интерполяционного типа. Обусловленность задачи численного дифференцирования.

## 6. Численные методы решения задачи Коши

### 6.1. Численные методы решения задачи Коши

Постановка задачи Коши и ее геометрический смысл. Дискретизация задачи. Аппроксимация, устойчивость и сходимость численных методов. Понятие о локальной и глобальной погрешностях. Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений: метод разложения в ряд Тейлора, метод Эйлера, методы Рунге-Кутты. Правило Рунге оценки погрешностей. Организация программ с автоматическим выбором шага. Многошаговые методы. Устойчивость численных методов решения задачи Коши. Неявные методы. Решение задачи Коши для систем дифференциальных уравнений и уравнений  $m$ -го порядка. Понятие о жестких задачах.

## 7. Разностные методы решения краевой задачи

### 7.1. Разностные методы решения краевой задачи

Постановка краевой задачи. Дискретизация задачи. Сетка, сеточные функции. Построение разностной схемы. Разрешимость. Использование метода прогонки. Оценка погрешности сеточного решения. Устойчивость, аппроксимация и сходимость. Проблема аппроксимации краевых условий. Метод пристрелки. Понятие о вариационных и проекционно-разностных методах. Методы Рунге и Галеркина. Понятие о методе конечных элементов. Постановка краевой задачи. Дискретизация задачи. Сетка, сеточные функции. Построение разностной схемы. Разрешимость. Использование метода прогонки. Оценка погрешности сеточного решения. Устойчивость, аппроксимация и сходимость. Проблема аппроксимации краевых условий.

## 8. Теория разностных схем

### 8.1. Теория разностных схем

Постановка задачи Дирихле. Построение разностной схемы методом конечных разностей. Использование итерационных методов для численной реализации схемы. Метод переменных направлений. Метод конечных элементов в двумерном случае.

## **3.3. Темы практических занятий**

1. Нормы векторов и матриц. Итерационные методы решения СЛАУ;
2. Теория погрешностей и машинная арифметика;
3. Решение скалярных уравнений методами бисекции и простой итерации;
4. Решение скалярных уравнений методом Ньютона. Модификации метода Ньютона;

5. Численное решение краевой задачи для дифференциального уравнения второго порядка;
6. Исследование сходимости итерационных методов;
7. Устойчивость численных методов решения задачи Коши;
8. Приближение функций методом интерполяции;
9. Численное интегрирование;
10. Численное дифференцирование;
11. Численное решение задачи Коши явными одношаговыми методами;
12. Численное решение задачи Коши многошаговыми методами;
13. Приближение функций по методу наименьших квадратов;
14. Решение систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Прямые методы решения;
15. Построение разностных схем для начально-краевых задач.

### 3.4. Темы лабораторных работ

1. Численное дифференцирование;
2. Решение начально-краевых задач;
3. Решение задачи Коши;
4. Численное интегрирование;
5. Решение систем линейных уравнений итерационными методами;
6. Решение систем линейных уравнений прямыми методами;
7. Решение нелинейных уравнений;
8. Теория погрешностей.

### 3.5 Консультации

#### Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Численное интегрирование и дифференцирование"
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Численные методы решения задачи Коши"
3. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Разностные методы решения краевой задачи"
4. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Теория разностных схем"

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

1. Обсуждение материалов раздела "Численное интегрирование и дифференцирование"
2. Обсуждение материалов раздела "Численные методы решения задачи Коши"
3. Обсуждение материалов раздела "Разностные методы решения краевой задачи"
4. Обсуждение материалов раздела "Теория разностных схем"

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу " Численное интегрирование и дифференцирование"
2. Консультации проводятся по разделу "Численные методы решения задачи Коши"
3. Консультации проводятся по разделу "Разностные методы решения краевой задачи"
4. Консультации проводятся по разделу "Теория разностных схем"

**3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ  
5 Семестр**

Курсовая работа (КР)

Темы:

- Моделирование нестационарных процессов теплопроводности в одномерном и двумерном случае.
- Моделирование стационарных процессов теплопроводности в областях сложной формы
- Моделирование движений, описываемых задачей Коши ( баллистика, движение в атмосфере, реактивное движение, движение в гравитационном поле)
- Моделирование колебаний, описываемых задачей Коши ( затухающие колебания, движение на двух пружинах, автоколебания в химических процессах)

**График выполнения курсового проекта**

Неделя	1 - 8	9 - 12	13 - 16	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	3	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	25	50	25	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	25	75	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Разработка алгоритма решения задачи
2	Составление и тестирование программы
3	Получение результатов моделирования для исходной задачи

### 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	8		
<b>Знать:</b>											
элементарную теорию погрешностей	ИД-2ОПК-2	+									Лабораторная работа/Теория погрешностей
численные методы решения скалярных уравнений	ИД-2ОПК-2		+								Лабораторная работа/Решение нелинейных уравнений
численные методы решения систем линейных уравнений	ИД-2ОПК-2			+							Контрольная работа/Решение систем уравнений
методы приближения функций	ИД-2ОПК-2				+						Тестирование/Приближение функций
методы численного интегрирования	ИД-2ОПК-2					+					Лабораторная работа/Численное интегрирование
методы численного дифференцирования	ИД-2ОПК-2					+					Лабораторная работа/Численное дифференцирование
численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений	ИД-2ОПК-2						+				Контрольная работа/Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений
критерии оценки правильности решения задачи	ИД-3ОПК-2							+	+		Лабораторная работа/Решение начально-краевых задач
базовые математические модели инженерных задач	ИД-2ОПК-3						+				Лабораторная работа/Решение задачи Коши
<b>Уметь:</b>											
выбирать численный метод, опираясь на анализ поставленной задачи	ИД-2ОПК-2						+				Контрольная работа/Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений
использовать алгоритмические языки программирования или специальные средства математических пакетов для решения задач	ИД-2ОПК-2			+							Лабораторная работа/Решение систем линейных уравнений итерационными методами Лабораторная работа/Решение систем линейных уравнений прямыми методами

применять численные методы алгебры для решения систем уравнений	ИД-2ОПК-2			+						Контрольная работа/Решение систем уравнений
оценивать полученные результаты, а также планировать необходимые для выполнения работы ресурсы	ИД-3ОПК-2							+	+	Лабораторная работа/Решение начально-краевых задач
применять численные методы для решения стандартных вычислительных задач	ИД-2ОПК-3		+	+	+					Расчетно-графическая работа/Численные методы
анализировать свойства математических моделей и применять инструментальную базу для их численной реализации	ИД-2ОПК-3						+			Лабораторная работа/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. Решение нелинейных уравнений (Лабораторная работа)
2. Решение систем линейных уравнений итерационными методами (Лабораторная работа)
3. Теория погрешностей (Лабораторная работа)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Решение систем линейных уравнений прямыми методами (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Приближение функций (Тестирование)
2. Решение систем уравнений (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Численные методы (Расчетно-графическая работа)

#### **5 семестр**

Форма реализации: Защита задания

1. Численное дифференцирование (Лабораторная работа)
2. Численное интегрирование (Лабораторная работа)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Решение задачи Коши (Лабораторная работа)
2. Решение начально-краевых задач (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

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

*Зачет с оценкой (Семестр №4)*

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

*Экзамен (Семестр №5)*

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

*Курсовая работа (КР) (Семестр №5)*

Оценка за курсовую работу определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»



В диплом выставляется оценка за 5 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. Вычислительные методы : учебное пособие для вузов по специальности и направлению "Прикладная математика и информатика" / А. А. Амосов, Ю. А. Дубинский, Н. В. Копченова . – 3-е изд., перераб. и доп . – М. : Издательский дом МЭИ, 2008 . – 672 с. - ISBN 978-5-383-00302-2 .;
2. Амосова, О. А. Расчетное задание по вычислительной математике : Методическое пособие по вычислительным методам для всех факультетов МЭИ (ТУ) / О. А. Амосова, С. Б. Зайцева, Е. А. Самсонова, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2002 . – 32 с.;
3. 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.;
4. 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://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=4384>;
5. 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.;
6. Казенкин, К. О. Численное решение задач математической физики. Стационарные уравнения : учебно-методическое пособие по курсу "Вычислительные методы" по всем направлениям подготовки / К. О. Казенкин, О. А. Амосова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2017 . – 40 с.  
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=8980>;
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://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=8726>;
8. 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).

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

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
5. 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

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	М-200, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	М-814, Учебная аудитория	стол преподавателя, стул, шкаф для документов, стол письменный, вешалка для одежды, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	М-711, Учебная лаборатория каф. МКМ	стол учебный, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Г-404, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, 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, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, книги, учебники, пособия
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	М-301/1, Кладовая	стул
	М-713/1, Учебно-научная лаборатория каф. МКМ	рабочее место сотрудника, стул, шкаф, шкаф для одежды, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, книги, учебники, пособия

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Численные методы

(название дисциплины)

#### 4 семестр

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

- КМ-1 Теория погрешностей (Лабораторная работа)
- КМ-2 Решение нелинейных уравнений (Лабораторная работа)
- КМ-3 Решение систем линейных уравнений прямыми методами (Лабораторная работа)
- КМ-4 Решение систем линейных уравнений итерационными методами (Лабораторная работа)
- КМ-5 Решение систем уравнений (Контрольная работа)
- КМ-6 Приближение функций (Тестирование)
- КМ-7 Численные методы (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7
		Неделя КМ:	4	8	12	12	15	15	16
1	Введение в теорию погрешностей								
1.1	Введение в теорию погрешностей		+						
2	Численные методы решения скалярных уравнений								
2.1	Численные методы решения скалярных уравнений			+					+
3	Численные методы решения систем линейных и нелинейных уравнений								
3.1	Численные методы решения систем линейных и нелинейных уравнений				+	+	+		+
4	Приближение функций								
4.1	Приближение функций							+	+
Вес КМ, %:			10	25	15	15	15	10	10

#### 5 семестр

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

- КМ-8 Численное интегрирование (Лабораторная работа)
- КМ-9 Численное дифференцирование (Лабораторная работа)
- КМ-10 Решение задачи Коши (Лабораторная работа)
- КМ-11 Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений (Контрольная работа)
- КМ- Решение начально-краевых задач (Лабораторная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ- 8	КМ- 9	КМ- 10	КМ- 11	КМ- 12
		Неделя КМ:	4	8	12	13	16
1	Численное интегрирование и дифференцирование						
1.1	Численное интегрирование и дифференцирование		+	+			
2	Численные методы решения задачи Коши						
2.1	Численные методы решения задачи Коши				+	+	
3	Разностные методы решения краевой задачи						
3.1	Разностные методы решения краевой задачи						+
4	Теория разностных схем						
4.1	Теория разностных схем						+
Вес КМ, %:			20	20	15	20	25

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА  
КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Численные методы**

(название дисциплины)

**5 семестр**

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:**

КМ-1 Разработка алгоритма решения задачи

КМ-2 Составление и тестирование программы

КМ-3 Получение результатов моделирования для исходной задачи

**Вид промежуточной аттестации – защита КР.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	8	12	16
1	Разработка алгоритма решения задачи		+		
2	Составление и тестирование программы			+	
3	Получение результатов моделирования для исходной задачи				+
Вес КМ, %:			25	50	25