

**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**  
**МЕТОДЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ**


<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.07</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>6 семестр - 3; 7 семестр - 5; всего - 8</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>288 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>6 семестр - 28 часа; 7 семестр - 32 часа; всего - 60 часов</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>6 семестр - 14 часов; 7 семестр - 32 часа; всего - 46 часа</b>
<b>Консультации</b>	<b>7 семестр - 18 часов;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>6 семестр - 65,7 часа; 7 семестр - 93,2 часа; всего - 158,9 часа</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>7 семестр - 15,7 часов;</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>7 семестр - 4 часа;</b>
<b>включая:</b>	
<b>Лабораторная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>6 семестр - 0,3 часа;</b>
<b>Защита курсовой работы</b>	<b>7 семестр - 0,3 часа;</b>
<b>Экзамен</b>	<b>7 семестр - 0,5 часа; всего - 1,1 часа</b>

**Москва 2022**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Вестфальский А.Е.
	Идентификатор	Rd0dd34ac-VestfalskyAY-542acad

(подпись)


А.Е.  
Вестфальский

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

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


(подпись)

М.Ф. Черепова

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

П.В. Зубков

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение современных вычислительных методов математической физики, получение практических навыков решения задач прикладной математики на ЭВМ

### Задачи дисциплины

- углубление знаний по методам численного решения задач математической физики;
- углубление знаний по современным численным методам линейной алгебры;
- приобретение опыта реализации на ЭВМ современных численных методов с помощью алгоритмических языков или математических пакетов прикладных программ;
- приобретение навыков решения научно-практических задач, требующих большой вычислительной работы.

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
ПК-2 Способен участвовать в компьютерной реализации математических моделей	ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Демонстрирует знание терминологии, базовых результатов и методов фундаментальной математики	знать: - основные методы построения и исследования разностных схем; - методы декомпозиции и ортогонализации матриц, методы решения переопределенных систем; - современные методы решения задач линейной алгебры, их применение для нелинейных задач.
ПК-2 Способен участвовать в компьютерной реализации математических моделей	ИД-4 <sub>ПК-2</sub> Применяет математические методы для аналитического и численного решения прикладных задач и анализирует полученные результаты	уметь: - сопоставлять результаты вычислительного эксперимента с теоретически обоснованными свойствами решений задач.
ПК-2 Способен участвовать в компьютерной реализации математических моделей	ИД-5 <sub>ПК-2</sub> Выбирает, модифицирует и реализует алгоритмы численной и алгебраической реализации математических моделей	знать: - специальные методы решения сеточных уравнений.  уметь: - строить разностные схемы для решения краевых задач математической физики; - реализовывать расчетные формулы методов, используя алгоритмические языки программирования или специальные средства математических пакетов прикладных программ; - грамотно выбирать численный метод, опираясь на анализ поставленной задачи.

## **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 линейная алгебра и аналитическая геометрия, численные методы, дифференциальные уравнения, уравнения математической физики, 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 8 зачетных единиц, 288 часа.

№ 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	Разностные схемы для уравнения Пуассона	20	6	4	2	-	-	-	-	-	-	14	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Разностные схемы для уравнения Пуассона"</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему, цель и методы выполнения лабораторной работы, а так же способы анализа результатов по представленному в разделе "Разностные схемы для уравнения Пуассона" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение материала по разделу "Разностные схемы для уравнения Пуассона", подготовка к выполнению заданий на лабораторных занятиях</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 291--299 [6], 543--565</p>	
1.1	Разностные схемы для уравнения Пуассона	20		4	2	-	-	-	-	-	-	-	14		-
2	Методы решения сеточных уравнений	18		4	2	-	-	-	-	-	-	-	12		-
2.1	Методы решения сеточных уравнений	18		4	2	-	-	-	-	-	-	-	12		-

													<p>выполнению заданий на лабораторных занятиях</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему, цель и методы выполнения лабораторной работы, а так же способы анализа результатов по представленному в разделе "Методы решения сеточных уравнений" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. , 334--338, 378--388 [6], 580--598</p>
3	Разностные схемы для эволюционных уравнений	24	6	4	-	-	-	-	-	-	14	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему, цель и методы выполнения лабораторной работы, а так же способы анализа результатов по представленному в разделе "Разностные схемы для эволюционных уравнений" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Разностные схемы для эволюционных уравнений", подготовка к лабораторной работе.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 272--285 [6], 528--542</p>
3.1	Разностные схемы для эволюционных уравнений	24	6	4	-	-	-	-	-	-	14	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему, цель и методы выполнения лабораторной работы, а так же способы анализа результатов по представленному в разделе "Разностные схемы для эволюционных уравнений" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Разностные схемы для эволюционных уравнений", подготовка к лабораторной работе.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 272--285 [6], 528--542</p>
4	Экономические методы	20	6	2	-	-	-	-	-	-	12	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для</p>

4.1	Экономические методы	20		6	2	-	-	-	-	-	-	12	-	<p>выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему, цель и методы выполнения лабораторной работы, а так же способы анализа результатов по представленному в разделе "Экономические методы" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Экономические методы", подготовка к лабораторным работам.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 394--410 [6], 566--579</p>
5	Разностные методы для уравнения переноса	25.7		8	4	-	-	-	-	-	-	13.7	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему, цель и методы выполнения лабораторной работы, а так же способы анализа результатов по представленному в разделе "Разностные методы для уравнения переноса" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Разностные методы для уравнения переноса", подготовка к лабораторной работе.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 334--365 [3], стр. 334--365</p>
5.1	Разностные методы для уравнения переноса	25.7		8	4	-	-	-	-	-	-	13.7	-	<p>выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему, цель и методы выполнения лабораторной работы, а так же способы анализа результатов по представленному в разделе "Разностные методы для уравнения переноса" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Разностные методы для уравнения переноса", подготовка к лабораторной работе.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 334--365 [3], стр. 334--365</p>

	Зачет с оценкой	0.3		-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	
	Всего за семестр	108.0		28	14	-	-	-	-	-	0.3	65.7	-	
	Итого за семестр	108.0		28	14	-	-	-	-	-	0.3	65.7	-	
6	Ортогонализация и решение линейных систем	16	7	6	4	-	-	-	-	-	-	6	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему, цель и методы выполнения лабораторной работы, а так же способы анализа результатов по представленному в разделе "Ортогонализация и решение линейных систем" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Ортогонализация и решение линейных систем", подготовка к лабораторной работе.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], стр. 181--204</p>
6.1	Ортогонализация и решение линейных систем	16		6	4	-	-	-	-	-	-	6	-	
7	Решение переопределенных линейных систем. Метод наименьших квадратов	14		6	4	-	-	-	-	-	-	4	-	
7.1	Решение переопределенных линейных систем. Метод наименьших квадратов	14		6	4	-	-	-	-	-	-	4	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему, цель и методы выполнения лабораторной работы, а так же способы анализа результатов по представленному в разделе "Решение переопределенных линейных систем. Метод наименьших квадратов" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Решение переопределенных линейных систем. Метод наименьших квадратов",</p>



													подготовка к лабораторной работе. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], стр. 205--214
8	Методы решения задач линейной алгебры	60	14	18	-	-	-	-	-	-	28	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему, цель и методы выполнения лабораторной работы, а так же способы анализа результатов по представленному в разделе "Проекционные методы решения линейных систем" материалу.
8.1	Методы решения задач линейной алгебры	60	14	18	-	-	-	-	-	-	28	-	<b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Проекционные методы решения линейных систем", подготовка к лабораторной работе. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], стр. 368--411 [5], стр. 5--40
9	Решение нелинейных алгебраических систем. Безматричные ньютоновские методы	18	6	6	-	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему, цель и методы выполнения лабораторной работы, а так же способы анализа результатов по представленному в разделе "Решение нелинейных алгебраических систем. Безматричные ньютоновские методы" материалу.
9.1	Решение нелинейных алгебраических систем. Безматричные ньютоновские методы	18	6	6	-	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу

													"Решение нелинейных алгебраических систем. Безматричные ньютоновские методы", подготовка к лабораторной работе. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [5], стр. 40-44
	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>180.0</b>		<b>32</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>0.8</b>	<b>59.7</b>	<b>33.5</b>
	<b>Итого за семестр</b>	<b>180.0</b>		<b>32</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>0.8</b>	<b>93.2</b>	
	<b>ИТОГО</b>	<b>288.0</b>	<b>-</b>	<b>60</b>	<b>46</b>	<b>-</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>1.1</b>	<b>158.9</b>	

**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. Разностные схемы для уравнения Пуассона

#### 1.1. Разностные схемы для уравнения Пуассона

Разностная схема для задачи Дирихле для уравнения Пуассона в прямоугольнике. Принцип максимума и теоремы сравнения. Априорная оценка решения, его существование и единственность. Погрешность аппроксимации. Оценка погрешности в равномерной норме. Разностная схема повышенного порядка точности и ее свойства. Разностная схема для уравнения Пуассона на неравномерной сетке и ее свойства. Случай области, составленной из прямоугольников. Способы аппроксимации краевого условия третьего рода и их погрешность..

### 2. Методы решения сеточных уравнений

#### 2.1. Методы решения сеточных уравнений

Сеточный метод Фурье в одномерном случае. Быстрое дискретное преобразования Фурье. Метод Фурье для двумерного сеточного оператора Лапласа и сеточной задачи Дирихле. Методы решения сеточной задачи Дирихле для уравнения Пуассона, основанные на разложении решения в двукратную и однократную суммы Фурье. Сеточные нормы, связанные с двумерным сеточным оператором Лапласа, формулы и неравенства для них. Оценки решения сеточной задачи Дирихле. Свойства метода Холецкого, метода простой итерации (с постоянным параметром) и k-шагового итерационного метода в применении к системам сеточных эллиптических уравнений. Метод циклической редукции. Метод матричной прогонки..

### 3. Разностные схемы для эволюционных уравнений

#### 3.1. Разностные схемы для эволюционных уравнений

Начально-краевая задача для параболических уравнений. Двухслойные разностные схемы (явная, неявная, симметричная, с весами). Их погрешность аппроксимации. Устойчивость явной и чисто неявной разностных схем для параболической задачи в равномерной норме. Спектральный метод исследования устойчивости абстрактной разностной схемы с весами. Энергетический метод исследования устойчивости абстрактной разностной схемы с весами. Приложения. Начально-краевая задача для волнового уравнения. Трехслойные разностные схемы и их свойства. Аппроксимация краевых условий третьего рода..

### 4. Экономичные методы

#### 4.1. Экономичные методы

Экономичные методы для уравнения теплопроводности с несколькими пространственными переменными. Метод переменных направлений, его вычислительная реализация, устойчивость и погрешность. Метод приближенной факторизации и его свойства. Метод с расщепляющимся оператором. Локально-одномерные методы и их свойства..

### 5. Разностные методы для уравнения переноса

#### 5.1. Разностные методы для уравнения переноса

Линейное уравнение переноса. Постановка задачи Коши. Свойства решений. Простейшие РС, их свойства. Условие КФЛ устойчивости РС. Монотонность РС. Теорема Годунова.

TVD-свойство РС. Квазилинейное уравнение переноса. Свойства решений. Слабые и сильные разрывы решений. Псевдовязкость. Консервативные РС..

### 6. Ортогонализация и решение линейных систем

#### 6.1. Ортогонализация и решение линейных систем

QR-разложение матрицы. Методы вращений и отражений. Связь с ортогонализацией Шмидта. Сингулярное разложение матрицы..

### 7. Решение переопределенных линейных систем. Метод наименьших квадратов

#### 7.1. Решение переопределенных линейных систем. Метод наименьших квадратов

Переопределенные системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Постановка задачи наименьших квадратов. Метод нормальных уравнений. Использование сингулярного и QR разложений для решения переопределенных систем. Псевдообратная матрица. Выбор главного столбца при QR-разложении..

### 8. Методы решения задач линейной алгебры

#### 8.1. Методы решения задач линейной алгебры

Эквивалентная вариационная постановка задачи решения СЛАУ. Методы наискорейшего спуска и минимальных невязок. Метод сопряженных градиентов. Пространства Крылова и проекционная постановка задачи. Построение ортогонального базиса в пространстве Крылова в несимметричном случае. Обобщенный метод минимальных невязок. Метод бисопряженных градиентов и его модификации. Понятие о преобусловливании.. Постановка задачи нахождения собственных значений. Частичная и полная проблемы собственных значений. Теоремы о локализации собственных значений. Обусловленность собственных значений и собственных векторов. Степенной метод. Априорная и апостериорная оценки погрешности. Степенной метод со сдвигами. Метод обратных итераций. Основной QR-алгоритм. QR-алгоритм со сдвигами. Построение ортогонального базиса из собственных векторов..

### 9. Решение нелинейных алгебраических систем. Безматричные ньютоновские методы

#### 9.1. Решение нелинейных алгебраических систем. Безматричные ньютоновские методы

Численное дифференцирование вектор-функций (по направлению). Выбор оптимального шага. Метод Ньютона решения нелинейных систем. Методы Ньютона-Крылова (безматричные методы)..

### **3.3. Темы практических занятий**

не предусмотрено

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Численное решение задачи Дирихле для уравнения Пуассона;
2. Численное решение одномерной начально-краевой задачи теплопроводности и колебаний струны;
3. Численное решение двумерной начально-краевой задачи теплопроводности;
4. Численное решение уравнения переноса;
5. QR-разложение матрицы;
6. Переопределенные системы;
7. Проекционные методы решения СЛАУ;

## 8. Решение нелинейных систем.

### 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 "Ортогонализация и решение линейных систем"
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 "Решение переопределенных линейных систем. Метод наименьших квадратов"
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 "Проекционные методы решения линейных систем"
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 "Решение нелинейных алгебраических систем. Безматричные ньютоновские методы"

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

1. Обсуждение материалов раздела "Разностные схемы для уравнения Пуассона"
2. Обсуждение материалов раздела "Методы решения сеточных уравнений"
3. Обсуждение материалов раздела "Разностные схемы для эволюционных уравнений"
4. Обсуждение материалов раздела "Экономичные методы"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Разностные методы для уравнения переноса"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Ортогонализация и решение линейных систем"
7. Обсуждение материалов раздела "Решение переопределенных линейных систем. Метод наименьших квадратов"
8. Обсуждение материалов раздела "Проекционные методы решения линейных систем"
9. Обсуждение материалов раздела "Решение нелинейных алгебраических систем. Безматричные ньютоновские методы"

#### Индивидуальные консультации по курсовому проекту/работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Ортогонализация и решение линейных систем"
2. Консультации проводятся по разделу "Решение переопределенных линейных систем. Метод наименьших квадратов"
3. Консультации проводятся по разделу "Проекционные методы решения линейных систем"
4. Консультации проводятся по разделу "Решение нелинейных алгебраических систем. Безматричные ньютоновские методы"

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

#### 7 Семестр

Курсовая работа (КР)

Темы:

- Специальные задачи вычислительной линейной алгебры.

### График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 8	9 - 12	13 - 15	16	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	1, 2, 3	1, 3, 4	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	10	50	10	30	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	10	60	70	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Изучение литературы, составление алгоритмов
2	Программная реализация алгоритмов
3	Вычислительный эксперимент
4	Оформление отчета, устный доклад

### 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	9		
<b>Знать:</b>												
современные методы решения задач линейной алгебры, их применение для нелинейных задач	ИД-1ПК-2									+		Лабораторная работа/Проекционные методы решения СЛАУ
методы декомпозиции и ортогонализации матриц, методы решения переопределенных систем	ИД-1ПК-2							+				Лабораторная работа/QR-разложение матриц
основные методы построения и исследования разностных схем	ИД-1ПК-2			+	+							Лабораторная работа/Численное решение двумерной начально-краевой задачи теплопроводности
специальные методы решения сеточных уравнений	ИД-5ПК-2	+	+									Лабораторная работа/Численное решение задачи Дирихле для уравнения Пуассона
<b>Уметь:</b>												
сопоставлять результаты вычислительного эксперимента с теоретически обоснованными свойствами решений задач	ИД-4ПК-2								+			Лабораторная работа/Переопределенные системы
грамотно выбирать численный метод, опираясь на анализ поставленной задачи	ИД-5ПК-2					+						Лабораторная работа/Численное решение уравнения переноса
реализовывать расчетные формулы методов, используя алгоритмические языки программирования или специальные средства математических пакетов прикладных программ	ИД-5ПК-2										+	Лабораторная работа/Решение нелинейных систем
строить разностные схемы для решения краевых задач математической физики	ИД-5ПК-2			+								Лабораторная работа/Численное решение одномерной начально-краевой задачи теплопроводности и колебаний струны

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

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

#### **6 семестр**

Форма реализации: Защита задания

1. Численное решение двумерной начально-краевой задачи теплопроводности (Лабораторная работа)
2. Численное решение задачи Дирихле для уравнения Пуассона (Лабораторная работа)
3. Численное решение одномерной начально-краевой задачи теплопроводности и колебаний струны (Лабораторная работа)
4. Численное решение уравнения переноса (Лабораторная работа)

#### **7 семестр**

Форма реализации: Защита задания

1. Переопределенные системы (Лабораторная работа)
2. Проекционные методы решения СЛАУ (Лабораторная работа)
3. Решение нелинейных систем (Лабораторная работа)
4. QR-разложение матриц (Лабораторная 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 №6)

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»

#### Экзамен (Семестр №7)

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

#### Курсовая работа (КР) (Семестр №7)

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

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

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

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

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

1. 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 .;
2. Калиткин, Н. Н. Численные методы : Учебное пособие для вузов / Н. Н. Калиткин . – М. : Наука, 1978 . – 512 с.;



3. Н. Н. Калиткин- "Численные методы", Издательство: "Наука", Москва, 1978 - (512 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=456957>;
4. Голуб, Д. Матричные вычисления : пер. с англ. / Д. Голуб, Ч. Ван Лоун . – М. : Мир, 1999 . – 548 с. - ISBN 6-03-002406-9 : 35.00 .;
5. Вестфальский, А. Е. Введение в проекционные методы решения линейных систем : учебное пособие по курсу "Методы вычислительной математики" для направления подготовки "Прикладная математика и информатика" / А. Е. Вестфальский, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 44 с. - ISBN 978-5-7046-2174-4 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10949](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10949);
6. Бахвалов, Н. С. Численные методы : учебное пособие для физико-математических специальностей вузов / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков, Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова (МГУ) . – 4-е изд . – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006 . – 636 с. – (Классический университетский учебник) . - 250-лет МГУ им. М.В. Ломоносова . - ISBN 5-947743-96-5 ..

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;
5. Visual Studio;
6. Latex;
7. Python;
8. ОС Linux.

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

1. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" -  
[http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
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-710, Учебная аудитория каф. МКМ	стол преподавателя, стол учебный, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	М-710, Учебная аудитория каф. МКМ	стол преподавателя, стол учебный, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	М-712, 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	М-710а, Учебная аудитория каф. МКМ	стол, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал	сервер, кондиционер

аттестации	ИВЦ	
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-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

### Методы вычислительной математики

(название дисциплины)

#### 6 семестр

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

- КМ-1 Численное решение задачи Дирихле для уравнения Пуассона (Лабораторная работа)
- КМ-2 Численное решение одномерной начально-краевой задачи теплопроводности и колебаний струны (Лабораторная работа)
- КМ-3 Численное решение двумерной начально-краевой задачи теплопроводности (Лабораторная работа)
- КМ-4 Численное решение уравнения переноса (Лабораторная работа)

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

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	14
1	Разностные схемы для уравнения Пуассона					
1.1	Разностные схемы для уравнения Пуассона		+			
2	Методы решения сеточных уравнений					
2.1	Методы решения сеточных уравнений		+			
3	Разностные схемы для эволюционных уравнений					
3.1	Разностные схемы для эволюционных уравнений			+	+	
4	Экономичные методы					
4.1	Экономичные методы				+	
5	Разностные методы для уравнения переноса					
5.1	Разностные методы для уравнения переноса					+
Вес КМ, %:			20	30	35	15

#### 7 семестр

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

- КМ-1 QR-разложение матриц (Лабораторная работа)
- КМ-2 Переопределенные системы (Лабораторная работа)
- КМ-3 Проекционные методы решения СЛАУ (Лабораторная работа)
- КМ-4 Решение нелинейных систем (Лабораторная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Ортогонализация и решение линейных систем					
1.1	Ортогонализация и решение линейных систем		+			
2	Решение переопределенных линейных систем. Метод наименьших квадратов					
2.1	Решение переопределенных линейных систем. Метод наименьших квадратов			+		
3	Методы решения задач линейной алгебры					
3.1	Методы решения задач линейной алгебры				+	
4	Решение нелинейных алгебраических систем. Безматричные ньютоновские методы					
4.1	Решение нелинейных алгебраических систем. Безматричные ньютоновские методы					+
Вес КМ, %:			15	30	35	20

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

**Методы вычислительной математики**

(название дисциплины)

**7 семестр**

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

- КМ-1 Выполнение раздела 1.
- КМ-2 Выполнение раздела 2
- КМ-3 Соблюдение графика выполнения КР
- КМ-4 Качество оформления отчета

**Вид промежуточной аттестации – защита КР.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	8	12	15	16
1	Изучение литературы, составление алгоритмов		+		+	+
2	Программная реализация алгоритмов			+	+	
3	Вычислительный эксперимент				+	+
4	Оформление отчета, устный доклад					+
Вес КМ, %:			10	50	10	30