

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

**Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика**

**Наименование образовательной программы: Термоядерные реакторы и плазменные установки**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Математические методы моделирования физических процессов**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

О.А. Амосова

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

(подпись)

А.В. Дедов

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

(подпись)

А.В. Дедов

(расшифровка  
подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ОПК-1 способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

ИД-2 Применяет методы численного моделирования и экспериментального исследования

2. ОПК-2 способен понимать принципы работы информационных технологий; осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий

ИД-3 Применяет методы математического и компьютерного моделирования

3. ОПК-3 способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения

ИД-2 Использует современные программные средства для моделирования физических процессов

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Защита задания

1. Приближение функций (Лабораторная работа)
2. Решение задачи Коши (Лабораторная работа)
3. Решение нелинейных уравнений (Лабораторная работа)
4. Решение систем линейных алгебраических уравнений (Лабораторная работа)
5. Теория погрешностей (Лабораторная работа)
6. Численное дифференцирование (Лабораторная работа)
7. Численное интегрирование (Лабораторная работа)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Решение начально-краевых задач (Лабораторная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Расчетно-графическая задание. Часть 2 (Расчетно-графическая работа)
2. Расчетно-графическое задание. Часть 1 (Расчетно-графическая работа)

## БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5

	Срок КМ:	4	8	12	15	15
Введение в теорию погрешностей						
Введение в теорию погрешностей		+				+
Численные методы решения скалярных уравнений						
Численные методы решения скалярных уравнений			+			+
Численные методы решения систем линейных и нелинейных уравнений						
Численные методы решения систем линейных и нелинейных уравнений				+		+
Приближение функций						
Приближение функций					+	+
	Вес КМ:	10	20	30	20	20

4 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9	КМ-10
	Срок КМ:	4	8	12	15	15
Численное интегрирование и дифференцирование						
Численное интегрирование и дифференцирование		+	+			+
Численные методы решения задачи Коши						
Численные методы решения задачи Коши				+		+
Решение краевых и начально-краевых задач						
Решение краевых и начально-краевых задач					+	+
	Вес КМ:	20	20	20	20	20

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ОПК-1	ИД-2 <sub>ОПК-1</sub> Применяет методы численного моделирования и экспериментального исследования	Знать: элементарную теорию погрешностей численные методы решения скалярных уравнений численные методы решения систем линейных уравнений и нелинейных уравнений методы приближения функций методы численного интегрирования и дифференцирования численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений Уметь: выбирать численный метод, опираясь на анализ поставленной задачи	Теория погрешностей (Лабораторная работа) Решение нелинейных уравнений (Лабораторная работа) Решение систем линейных алгебраических уравнений (Лабораторная работа) Приближение функций (Лабораторная работа) Расчетно-графическое задание. Часть 1 (Расчетно-графическая работа) Численное интегрирование (Лабораторная работа) Численное дифференцирование (Лабораторная работа) Решение задачи Коши (Лабораторная работа) Расчетно-графическая задание. Часть 2 (Расчетно-графическая работа)
ОПК-2	ИД-3 <sub>ОПК-2</sub> Применяет методы математического и	Знать: базовые математические	Решение начально-краевых задач (Лабораторная работа) Расчетно-графическая задание. Часть 2 (Расчетно-графическая работа)

	компьютерного моделирования	модели инженерных задач Уметь: анализировать свойства математических моделей и применять инструментальную базу для их численной реализации	
ОПК-3	ИД-2 <sub>ОПК-3</sub> Использует современные программные средства для моделирования физических процессов	Уметь: использовать алгоритмические языки программирования или специальные средства математических пакетов для решения задач	Решение нелинейных уравнений (Лабораторная работа) Расчетно-графическое задание. Часть 1 (Расчетно-графическая работа)

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

3 семестр

### КМ-1. Теория погрешностей

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Лабораторная работа состоит из двух частей. Одно задание выполняется в лаборатории ЭВМ на компьютере, второе задание выполняется при домашней подготовке.

#### Краткое содержание задания:

Лабораторная работа ориентирована на проверку знания теории погрешностей.

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: элементарную теорию погрешностей	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Для чего требуется два разных способа определения погрешности (абсолютная и относительная)?</li><li>2.Объясните различие между округлением по дополнению и округлением усечением.</li><li>3.Чем верная цифра отличается от значащей?</li><li>4.Дать определение погрешности арифметических операций над приближенными числами.</li><li>5.Дать определение погрешности вычисления функций одной и нескольких переменных.</li></ol>
---	---

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме и получены ответы на теоретические вопросы.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если задание выполнено и получены ответы на теоретические вопросы с некритичными ошибками

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено и получены ответы на часть теоретических вопросов

### КМ-2. Решение нелинейных уравнений

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Лабораторная работа состоит из двух частей. Одно задание выполняется в лаборатории ЭВМ на компьютере, второе задание выполняется при домашней подготовке.

**Краткое содержание задания:**

Лабораторная работа ориентирована на проверку знания численных методов решения скалярных уравнений и умения выбрать численный метод, опираясь на анализ поставленной задачи.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: численные методы решения скалярных уравнений</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Сформулировать постановку задачи о нахождении приближенного решения нелинейного уравнения.</li> <li>2.Описать алгоритм метода бисекции и сформулировать критерий окончания процесса.</li> <li>3.Описать алгоритм метода простой итерации и сформулировать условие сходимости метода.</li> <li>4.Вывести расчетную формулу метода Ньютона решения нелинейного уравнения и дать геометрическую интерпретацию метода.</li> <li>5.Может ли метод бисекции сходиться быстрее метода простой итерации?</li> <li>6.Какие модификации метода Ньютона имеют первый порядок сходимости?</li> </ol>
<p>Уметь: использовать алгоритмические языки программирования или специальные средства математических пакетов для решения задач</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Разработать алгоритм локализации корней нелинейных уравнений с помощью графических средств пакета MathCad .</li> <li>2.Используя встроенный язык пакета MathCad, составить программный модуль для нахождения корней уравнения методом Ньютона.</li> <li>3.Используя встроенную функцию пакета MathCad polyroots, найти все корни многочлена.</li> <li>4.С какой точностью удастся найти кратный корень уравнения , используя встроенную функцию root?</li> </ol>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме и получены правильные ответы на теоретические вопросы.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если задание преимущественно выполнено и получены ответы на теоретические вопросы с не критичными ошибками.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено и получены ответы на часть теоретических вопросов.



### КМ-3. Решение систем линейных алгебраических уравнений

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Лабораторная работа состоит из двух частей. Одно задание выполняется в лаборатории ЭВМ на компьютере, второе задание выполняется при домашней подготовке.

#### Краткое содержание задания:

Лабораторная работа ориентирована на проверку знания численных методов решения систем уравнений и умения применять численные методы алгебры для решения систем уравнений.

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: численные методы решения систем линейных уравнений и нелинейных уравнений	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Может ли погрешность решения СЛАУ оказаться меньше погрешности правых частей уравнений?</li><li>2. Какие выводы нужно сделать из априорной оценки, а какие из апостериорной оценки погрешности?</li><li>3. Существуют ли системы уравнений, которые невозможно решить методом Гаусса?</li><li>4. Для каких систем можно применять метод прогонки?</li><li>5. В чем отличие метода Холецкого от метода Гаусса решения СЛАУ?</li><li>6. Как выглядит необходимое и достаточное условие сходимости метода простой итерации?</li></ol>
Уметь: выбирать численный метод, опираясь на анализ поставленной задачи	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Решить систему уравнений одним из итерационных методов решения СЛАУ.</li><li>2. Найти число обусловленности системы линейных алгебраических уравнений.</li><li>3. Решить систему уравнений одним из прямых методов решения СЛАУ., используя встроенные средства пакета MathCad</li><li>4. Какие встроенные функции пакета MathCad отвечают за решение систем уравнений?</li></ol>

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если правильно выполнены 4 задания варианта и пятая задача содержит незначительные ошибки.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если правильно выполнены 3 задания варианта и одна задача содержит незначительные ошибки.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если правильно выполнены 2 задания варианта и еще одна задача содержит незначительные ошибки.

## КМ-4. Приближение функций

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Лабораторная работа состоит из двух частей. Одно задание выполняется в лаборатории ЭВМ на компьютере, второе задание выполняется при домашней подготовке.

### Краткое содержание задания:

Лабораторная работа ориентирована на проверку знания методов приближения функций.

### Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы приближения функций	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Функция задана таблицей своих значений в 11 точках. Многочлен Лагранжа какой степени можно построить по этой таблице, используя все значения функции.</li><li>2. Какую погрешность характеризует среднеквадратичное отклонение?</li><li>3. Сформулировать постановку задачи приближения таблично заданной функции по методу интерполяции.</li><li>4. Пусть известно, что исходные данные получены в результате экспериментов. Какой способ приближения является предпочтительным?</li><li>5. Приводит ли увеличение количества узлов интерполяции к увеличению точности интерполяции?</li><li>6. Составить нормальную систему метода наименьших квадратов для определения коэффициентов многочлена степени <math>m</math>.</li><li>7. Оценить шаг <math>h</math>, с каким нужно составлять таблицу функции <math>\sin x</math> на отрезке <math>0, \frac{\pi}{4}</math>, чтобы погрешность кусочно-линейной интерполяции не превосходила 0.001?</li><li>8. Функция задана своими значениями: <math>y(0) = 3, y(1) = 1, y(2) = -1</math>. Как построить интерполяционный многочлен Ньютона для нахождения значения в промежуточных точках <math>x = 0.5</math> и <math>x = 1.5</math>.</li></ol>
-----------------------------------	--

### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если получены правильные ответы на 9 или 10 вопросов.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если получены правильные ответы на 7 или 8 вопросов

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если получены правильные ответы на 5 или 6 вопросов.

### КМ-5. Расчетно-графическое задание. Часть 1

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Расчетное задание выполняется в форме домашнего задания. Студенту необходимо решить задачи расчетного задания согласно индивидуальному варианту.

#### Краткое содержание задания:

Расчетное задание ориентировано на проверку знаний основных понятий численных методов и умения применять численные методы для решения стандартных вычислительных задач.

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы приближения функций	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Как приблизить таблично заданную функцию методом наименьших квадратов.</li> <li>2. Как построить интерполяционные многочлены Лагранжа и Ньютона.</li> <li>3. Что такое квадратичный сплайн, интерполирующий таблично заданную функцию.</li> </ol>
Знать: численные методы решения систем линейных уравнений и нелинейных уравнений	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что такое число обусловленности?</li> <li>2. Как используется апостериорная оценка погрешности в итерационных методах?</li> <li>3. Что такое порядок сходимости итерационного метода решения задачи?</li> </ol>
Знать: элементарную теорию погрешностей	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Как найти погрешность функции нескольких переменных по погрешностям аргументов?</li> <li>2. С какой целью используется понятие верной цифры?</li> </ol>
Уметь: выбирать численный метод, опираясь на анализ поставленной задачи	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Найти решение системы уравнений методом Гаусса.</li> <li>2. Решить систему линейных алгебраических уравнений методом LU-разложения.</li> <li>3. Решить систему линейных алгебраических уравнений методом Холецкого.</li> <li>4. Решить систему уравнений методом прогонки.</li> <li>5. Найти решение систем уравнений методами простой итерации.</li> <li>6. Составить алгоритм метода Зейделя для нахождения решения системы алгебраических уравнений с заданной точностью.</li> </ol>
Уметь: использовать алгоритмические языки программирования или специальные средства математических пакетов для решения задач	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Найти корень нелинейного уравнения методом бисекции.</li> <li>2. Найти корень нелинейного уравнения методом простой итерации.</li> <li>3. Найти корень нелинейного уравнения методом Ньютона.</li> </ol>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «зачтено» ставится при выполнении всех задач расчетного задания.

*Оценка: не зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «не зачтено» ставится при невыполнении условий на оценку «зачтено».

**4 семестр****КМ-6. Численное интегрирование**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Лабораторная работа состоит из двух частей. Одно задание выполняется в лаборатории ЭВМ на компьютере, второе задание выполняется при домашней подготовке.

**Краткое содержание задания:**

Лабораторная работа ориентирована на проверку знания методов численного интегрирования

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: методы численного интегрирования и дифференцирования	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Как вывести расчетную формулу трапеций?</li> <li>2. Чем составная квадратурная формула отличается от элементарной?</li> <li>3. Привести пример функции, интегрирование которой по квадратурной формуле Симпсона не будет давать погрешности.</li> <li>4. Каков порядок точности формулы центральных прямоугольников.</li> <li>5. Что такое квадратуры Гаусса?</li> <li>6. В чем состоит правило Рунге практической оценки погрешности?</li> <li>7. Можно ли вывести формулу численного интегрирования 10-го порядка точности?</li> <li>8. Как выглядит априорная оценка погрешности для формулы Симпсона?</li> </ol>
---	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если выполнены обе части задания и даны ответы на теоретические вопросы в полном объеме .

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если выполнены обе части задания и даны ответы на теоретические вопросы преимущественно верно

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется в случае, если задания преимущественно выполнены, ответы на теоретические вопросы содержат не критичные ошибки.

### КМ-7. Численное дифференцирование

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Лабораторная работа состоит из двух частей. Первая часть выполняется на компьютере в лаборатории. Вторая часть выполняется при домашней подготовке.

#### Краткое содержание задания:

Лабораторная работа ориентирована на проверку знания методов численного дифференцирования

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы численного интегрирования и дифференцирования	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Как вывести расчетные формулы численного дифференцирования для нахождения первой и второй производных?</li><li>2. Существует ли способ выбора оптимального шага при численном дифференцировании?</li><li>3. Всегда ли при уменьшении шага дифференцирования погрешность вычисления уменьшается?</li><li>4. Можно ли вывести формулы численного дифференцирования для вычисления третьих производных.</li><li>5. Как провести вычислительный эксперимент по вычислению погрешности численного дифференцирования при уменьшении шага дифференцирования.</li><li>6. Как вычислить производные от функции, заданные на неравномерной сетке.</li><li>7. Какова априорная оценка погрешности для формулы правой разностной производной</li><li>8. Какова априорная оценка погрешности для формулы центральной разностной производной</li></ol>
---	---

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме и получены ответы на теоретические вопросы.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если задание выполнено и ответы на теоретические вопросы содержат не критичные ошибки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено и ответы на теоретические вопросы содержат не критичные ошибки.

### КМ-8. Решение задачи Коши

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Лабораторная работа состоит из двух частей. Первая часть выполняется в лаборатории ЭВМ. Вторая часть задания выполняется дома по индивидуальным вариантам.

#### Краткое содержание задания:

Лабораторная работа ориентирована на проверку знания базовых математических моделей инженерных задач и основных методов решения задачи Коши

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Привести примеры процессов, описываемых базовой математической моделью <math>y = f(x, t), y(0) = y_0^0</math>.</li><li>2.Что такое свойство устойчивости математической задачи?</li><li>3.В каком случае для нахождения решения задачи Коши следует использовать методы Адамса?</li><li>4.Верно ли утверждение, что погрешность численного решения задачи Коши совпадает с погрешностью аппроксимации метода?</li><li>5.Привести пример физического процесса, описываемого задачей Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка.</li><li>6.Привести примеры явных одношаговых методов решения задачи Коши.</li><li>7.Какая идея построения методов Рунге-Кутты?</li><li>8.Какие преимущества имеют неявные методы решения перед явными.</li></ol>
---	---

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если задание выполнено, но содержит недочеты в решении.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

### КМ-9. Решение начально-краевых задач

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Первая часть лабораторной работы выполняется в лаборатории ЭВМ, вторая часть выполняется при домашней подготовке по индивидуальным вариантам.

#### Краткое содержание задания:

Лабораторная работа ориентирована на проверку знания методов решения начально-краевых задач и умения применять инструментальную базу для реализации численных методов.

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: базовые математические модели инженерных задач	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Сформулировать правило практической оценки погрешности решения начально-краевой задачи.</li><li>2.Может ли решение, полученное по разностной схеме быть точным?</li><li>3.Почему метод решения начально-краевой задачи называется методом конечных разностей?</li><li>4.Какие методы построения разностных схем известны для случая входных негладких данных?</li><li>5.Какой метод решения системы линейных алгебраических уравнений можно применить при реализации разностной схемы?</li><li>6.Какой физический процесс описывает краевая задача с переменным коэффициентом теплопроводности?</li><li>7.В каком случае следует применять метод баланса при построении разностной схемы для решения начально-краевой задачи?</li><li>8.Какие должны быть выполнены условия на параметры явной разностной схемы для решения уравнения теплопроводности?</li></ol>
Уметь: анализировать свойства математических моделей и применять инструментальную базу для их численной реализации	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Составить программу, для нахождения приближенного решения начально-краевой задачи методом конечных разностей. В программе предусмотреть использование встроенных процедур пакета MS для решения полученной системы уравнений.</li><li>2.Составить тестовый пример для начально-краевой задачи для проверки правильности нахождения решения задачи. Используя средства пакета MS, на одном чертеже построить графики точного и приближенного решений. Убедиться в правильности найденного приближенного решения.</li><li>3.Решить задачу о нагревании стержня, затем, используя средства пакета MathCad, на одном</li></ol>

	чертеже построить профили температуры стержня в разные моменты времени.
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме и получены правильные ответы на теоретические вопросы.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если задание преимущественно выполнено и получены правильные ответы на теоретические вопросы.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если часть задания выполнено неверно, ответы на теоретические вопросы содержат не критические ошибки.

**КМ-10. Расчетно-графическая задание. Часть 2**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Расчетно-графическое задание выполняется при домашней подготовке.

**Краткое содержание задания:**

Расчетное задание ориентировано на проверку знания методов численного интегрирования и дифференцирования, а также на проверку умения применять численные методы для решения стандартных вычислительных задач.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: методы численного интегрирования и дифференцирования	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Как выводятся расчетные формулы квадратур Ньютона-Котеса для вычисления приближенного значения интеграла?</li> <li>2. Как вывести правило Рунге для оценки погрешности найденного приближенного решения?</li> <li>3. Вычислить интеграл по трем квадратурным формулам и в каждом случае найти величину погрешности.</li> <li>4. Вычислить производные от таблично заданной функции по формулам численного дифференцирования</li> <li>5. Оценить шаг интегрирования для вычисления интеграла по формуле трапеций с заданной точностью</li> </ol>
Знать: численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Как получить расчетные формулы Рунге-Кутты для вычисления приближенного решения задачи Коши?</li> <li>2. Как вычислить погрешность аппроксимации многошагового метода решения задачи Коши?</li> </ol>
Знать: базовые математические	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Как практически оценивается величина</li> </ol>



модели инженерных задач	погрешности при решении краевой задачи численным методом?
Уметь: анализировать свойства математических моделей и применять инструментальную базу для их численной реализации	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Составить разностную схему для решению краевой задачи методом конечных разностей</li> <li>2. Найти решение краевой задачи методом конечных разностей и оценить величину полученной погрешности</li> <li>3. Построить разностную схему для начально-краевой задачи методом конечных разностей. Найти приближенное решение задачи.</li> <li>4. Оценить шаг по времени для расчета по явной разностной схеме в зависимости от выбранного шага по пространственной переменной.</li> </ol>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" ставится при выполнении всех задач расчетно-графического задания.

*Оценка:* не зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" ставится при не выполнении условий на оценку "зачтено".

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

3 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

<b>МЭИ</b>	<b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1</b>	<b>“Утверждаю”</b> Зав. кафедрой										
	Кафедра Математического и компьютерного моделирования Дисциплина МММФП Факультет ИТАЭ											
1. Сформулировать алгоритм нахождения корня методом простой итерации. Доказать теорему о сходимости метода .												
2. Построить интерполяционный многочлен, приближающий таблично заданную функцию:												
<table border="1"><tr><td>x</td><td>0</td><td>0.3</td><td>0.7</td><td>2</td></tr><tr><td>y</td><td>-3</td><td>0</td><td>2</td><td>3</td></tr></table>			x	0	0.3	0.7	2	y	-3	0	2	3
x	0	0.3	0.7	2								
y	-3	0	2	3								
<b>Лектор</b>												

## Процедура проведения

Экзамен проводится в письменно-устной форме. На подготовку ответа дается 60 минут. Кроме ответа на вопросы билета, студент должен ответить на дополнительные вопросы по экзаменационной программе.

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ОПК-1</sub> Применяет методы численного моделирования и экспериментального исследования

### **Вопросы, задания**

1. Дать определения абсолютной и относительной погрешностей. Как вычисляется погрешность арифметических операций?
2. Вывести оценку погрешности функции одной переменной в зависимости от погрешности аргумента.
3. Сформулировать задачу о нахождении приближенного значения корня. Каковы основные этапы приближенного решения нелинейного уравнения.
4. Дать описание алгоритма метода бисекции. Сформулировать теорему о применимости метода бисекции.
5. Дать описание алгоритма метода простой итерации. Что такое априорная и апостериорная оценки погрешности?
6. Как вывести расчетную формулу метода Ньютона? Каков геометрический смысл метода Ньютона.
7. Что такое порядок точности итерационного метода? Привести примеры методов первого и второго порядков точности.

8. Чем отличаются прямые методы решения систем уравнений от итерационных методов решения.
9. Дать описание метода Гаусса. Какова трудоемкость метода.
10. Что такое LU-разложение матрицы? С какой целью оно применяется.
11. Дать описание метода Холецкого. Сформулировать условие применимости метода.
12. Дать описание метода простой итерации и сформулировать достаточное условие применимости метода.
13. Чем отличается метод Зейделя от метода простой итерации?
14. Как ставится задача о приближении таблично заданной функции по методу наименьших квадратов?
15. Что такое нормальная система метода наименьших квадратов?
16. В чем отличие приближения таблично заданной функции по методу интерполяции от метода наименьших квадратов?
17. Привести примеры наиболее часто используемых интерполяционных многочленов.
18. Сформулировать теорему о необходимом и достаточном условии применимости итерационных методов.
19. При каком выборе параметра релаксации будет наблюдаться сходимость метода?

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Два приближенных числа  $a = 19.576$  и  $b = 210.656$  заданы со всеми верными цифрами. Сравните величины погрешностей чисел.

Ответы:

- 1) относительные погрешности различаются в 100 раз;
- 2) абсолютные погрешности различаются в 10 раз;
- 3) число  $a$  задано с большей точностью;
- 4) число  $b$  задано с большей точностью.

Верный ответ: 4

2. Функция  $z = 10 \cdot x^2 \cdot y^3$  вычисляется в точке  $(x, y)$ , причем погрешность каждого аргумента составляет 1%. Чему равна величина относительной погрешности?

Ответы:

- 1) 5%; 2) 3%; 3) 60%; 4) 10%.

Верный ответ: 1

3. Пусть длина отрезка локализации равна 1, в качестве приближенного значения корня берется середина отрезка. Сколько нужно выполнить шагов по методу бисекции, чтобы вычислить корень с точностью 0.1?

Ответы:

- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4; 5) 10.

Верный ответ: 3

4. Пусть нелинейное уравнение  $f(x) = 0$  решается методом Ньютона. Какое условие на гладкость функции  $f(x)$  в некоторой окрестности корня должно быть выполнено, для корректного применения метода?

Функция должна быть:

Ответы:

- 1) непрерывной;
- 2) непрерывно дифференцируемой;
- 3) дважды непрерывно дифференцируемой;
- 4) трижды непрерывно дифференцируемой.

Верный ответ: 3

5. Каким методом нельзя находить корни четной кратности?

Ответы:

- 1) методом бисекции;

- 2) методом простой итерации;
- 3) методом Ньютона;
- 4) можно находить любым из трех вышеперечисленных методов.

Верный ответ: 1

6. Чему равно число обусловленности диагональной матрицы порядка 2 с константами  $d$  на главной диагонали.

Ответы:

- 1) 1
- 2)  $d$
- 3)  $2d$
- 4)  $4d$

Верный ответ: 1)

7. Будет ли выполнено достаточное условие сходимости для итерационного процесса  $x = 2x - y + 1$ ,  $y = x + y - 3$

Ответы:

- 1) да
- 2) нет
- 3) определенно сказать нельзя

Верный ответ: 2)

8. Методом Гаусса с выбором главного элемента найти решение системы:  $3x + 5y - z = 7$   $4x - 2y + z = 3$   $5x + 6y - 10z = 1$

Ответы:

1. 1)  $x=1$   $y=1$   $z=1$  2)  $x=1$   $y=2$   $z=0$  3)  $x=2$   $y=1$   $z=0$  4) правильного варианта ответа нет

Верный ответ: 1)

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-3<sub>ОПК-2</sub> Применяет методы математического и компьютерного моделирования

### Вопросы, задания

1. Записать математическую модель, описывающую стационарный процесс теплопроводности в стержне с заданной температурой на концах.

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ОПК-3</sub> Использует современные программные средства для моделирования физических процессов

### Вопросы, задания

1. Как представляются числа в ЭВМ? Каковы особенности машинной арифметики?

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Оценить объем памяти компьютера, требуемый для хранения матриц системы порядка  $m$  при использовании метода Гаусса.

Ответы:

1. 1)  $m$  2)  $\frac{2}{3}m$  3)  $8m$

Верный ответ: 1

2. Для нахождения решения алгебраической системы уравнений какую функцию MathCad следует использовать?

Ответы:

1. 1) `lsolve` 2) `root` 3) `rank`

Верный ответ: 1)

## II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если даны правильные ответы на два вопроса билета и дополнительный вопрос, заданный в устной форме.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если ответы на вопросы билета содержат не критичные ошибки и дан правильный ответ на дополнительный вопрос, заданный в устной форме.*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если нет ответа на один из вопросов билета .*

### **III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**

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

#### **4 семестр**

**Форма промежуточной аттестации: Экзамен**

#### **Пример билета**

<b>МЭИ</b>	<b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1</b> Кафедра МКМ Дисциплина МММФП Факультет ИТТФ	<b>“Утверждаю”</b> Зав. кафедрой
<p>1. Численные методы решения задачи Коши: метод разложения в ряд Тейлора.</p> <p>2. Метод конечных разностей решения задачи Дирихле для уравнения Пуассона. Порядок аппроксимации схемы.</p> <p>Лектор</p>		

#### **Процедура проведения**

Экзамен проводится в письменно-устной форме. На подготовку ответа студенту дается 60 минут. Кроме ответа на вопросы билета студент должен ответить на дополнительные вопросы.

## 1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>опк-1</sub> Применяет методы численного моделирования и экспериментального исследования

### Вопросы, задания

1. Какова идея построения формул Ньютона-Котеса для приближенного вычисления интеграла?
2. В чем состоит правило Рунге практической оценки погрешности?
3. Как вывести формулы численного дифференцирования для нахождения производных таблично заданных функций?
4. Как ставится задача о нахождении приближенного решения задачи Коши?
5. Привести примеры явных и неявных методов решения задачи Коши.
6. Как можно оценить порядок аппроксимации формулы численного дифференцирования?
7. Какова идея построения методов Адамса?
8. Что такое многошаговый численный метод решения задачи Коши? В чем состоит проблема нахождения стартовых точек?
9. В чем отличие метода баланса построения разностных схем от метода конечных разностей?
10. В чем преимущество неявных разностных схем по сравнению с явными схемами?
11. Какое правило практической оценки погрешности обычно используется при вычислении приближенного решения задачи Коши?
12. Как оценить погрешность аппроксимации формулы многошагового метода решения задачи Коши?
13. Как применяется формула Тейлора для построения численных методов для решения задачи Коши?
14. Как построить экстраполяционный метод Адамса второго порядка точности?

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Чему равно значение  $\int_0^1 \cos(\pi x) dx$ , вычисленное по элементарной формуле трапеций.

Ответы:

1. 1) 0 2) 0.5 3)  $\frac{1}{\pi}$

Верный ответ: 1)

2. Какое из соотношений аппроксимирует первую производную со 2-м порядком точности по  $h$ .

Ответы:

1)  $\frac{f(x+h)-f(x)}{h}$  2)  $\frac{f(x+h)-f(x-h)}{2h}$  3)  $\frac{f(x)-f(x-h)}{h}$

Верный ответ: 2)

3. Как выглядит остаточный член формулы центральных прямоугольников?

Ответы:

1. 1)  $R \leq \frac{M_2(b-a)h}{12}$  2)  $R \leq \frac{M_2(b-a)h}{24}$  3) 1)  $R \leq \frac{M_3(b-a)h}{12}$

Верный ответ: 2)

4. Чему равно значение второй производной таблично заданной функции в точке  $x=1.1$ , вычисленное по формуле центральной разности? Функция задана значениями:  $f(1)=2$   $f(1.1)=1.9$   $f(1.3)=1.8$

Ответы:

1. 1) 1 2) 0 3) 0.1 4) 5.7

Верный ответ: 2)

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-3<sub>ОПК-2</sub> Применяет методы математического и компьютерного моделирования

### Вопросы, задания

1. Опишите метод конечных разностей на примере дискретизации краевой задачи для стационарного уравнения теплопроводности.
2. Как доказать, что разностная схема, построенная методом конечных разностей, сходится к решению исходной задачи?
3. Какие физические процессы описывает начально-краевая задача с граничными условиями первого рода?
4. Какие физические процессы описывает начально-краевая задача с граничными условиями второго рода?
5. Привести примеры устойчивых методов решения задачи Коши.
6. Что такое А-устойчивые методы решения задачи Коши?

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Дана задача Коши:  $y = t + y$ ,  $y(0) = 1$  Для ее решения применяется метод Эйлера с шагом  $h=0.2$ . Чему равно приближенное решение в точке 0.4?

Ответы:

1. 1) 1.2 2) 1.44 3) 1.528

Верный ответ: 3)

2. Как составить математическую модель, описывающую стационарный процесс теплопроводности в стержне с заданной температурой на концах..

Ответы:

1. 1) записать параболическое уравнение и добавить начальные и граничные условия 2) записать обыкновенное дифференциальное уравнение 2 порядка и добавить граничные условия

Верный ответ: 2)

3. Как провести анализ системы дифференциальных уравнений на жесткость?

Ответы:

1. 1) вычислить число жесткости 2) применить правило Рунге 3) вычислить погрешность аппроксимации метода.

Верный ответ: 1)

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ОПК-3</sub> Использует современные программные средства для моделирования физических процессов

### Вопросы, задания

1. Используя встроенный язык MathCad, составить процедуру вычисления решения задачи Коши с заданной точностью.
2. Можно ли решить задачу Дирихле, используя встроенные средства пакета Mathcad.

## **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Какие встроенные функции пакета MathCad предназначены для решения задачи Коши?

Ответы:

1) rkfixed 2) dt 3) svd

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если даны правильные ответы на два вопроса билета и дополнительный вопрос, заданный в устной форме.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если ответы на вопросы билета содержат не критичные ошибки и дан правильный ответ на дополнительный вопрос, заданный в устной форме.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если нет ответа на один из вопросов билета .

## **III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**

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