

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

**Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

**Наименование образовательной программы: Теплоэнергетика и теплотехника**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Методы численного моделирования**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель  
(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шапошникова Д.А.
	Идентификатор	R3cbdd042-ShaposhnikovDA-869296

Д.А.  
Шапошникова  
(расшифровка подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рогалев А.Н.
	Идентификатор	Rb956ba44-RogalevAN-6233a28b

А.Н. Рогалев  
(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рогалев А.Н.
	Идентификатор	Rb956ba44-RogalevAN-6233a28b

А.Н. Рогалев  
(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-3 Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

ИД-4 Применяет математический аппарат численных методов

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1 "Нелинейные уравнения" (Контрольная работа)

2. КМ-2 "Численное решение СЛАУ" (Контрольная работа)

3. КМ-3 "Приближение функций алгебраическими многочленами" (Контрольная работа)

4. КМ-4 "численные методы решения ЗК, Н-КЗ" (Контрольная работа)

## БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	11	15
Численные методы					
Численное решение нелинейных уравнений		+			
Численные методы решения СЛАУ			+		
Приближение функций				+	
Численные методы решения Задачи Коши					+
Вес КМ:		25	25	25	25

\$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-3	ИД-4 <sub>ОПК-3</sub> Применяет математический аппарат численных методов	<p>Знать:</p> <p>методы численного решения нелинейных уравнений</p> <p>прямые и итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений</p> <p>Уметь:</p> <p>применять различные методы приближения функций</p> <p>применять явные и неявные численные методы решения задачи Коши; применять методы численного решения начально-краевой задачи для уравнения теплопроводности</p>	<p>КМ-1 "Нелинейные уравнения" (Контрольная работа)</p> <p>КМ-2 "Численное решение СЛАУ" (Контрольная работа)</p> <p>КМ-3 "Приближение функций алгебраическими многочленами" (Контрольная работа)</p> <p>КМ-4 "численные методы решения ЗК, Н-КЗ" (Контрольная работа)</p>

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

### КМ-1. КМ-1 "Нелинейные уравнения"

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольную работу "Нелинейные уравнения" студенты пишут на практическом занятии 2 часа.

#### Краткое содержание задания:

Найти численное решение нелинейного уравнения методом бисекции, простой итерации, Ньютона.

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы численного решения нелинейных уравнений	1.методы численного решения нелинейных уравнений 2.Найти методом бисекций с погрешностью, не превышающей 0.1, корень уравнения $x - x + 1 - 0$ 3.Найти методом простых итераций, с погрешностью, не превышающей 0.1, корень уравнения $e - x = 0$ 4.Найти методом Ньютона, с погрешностью, не превышающей 0.1, корень уравнения $e - x = 0$
---	--

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 95*

*Описание характеристики выполнения знания:* работа выполнена полностью; в логических рассуждениях и обоснованиях нет пробелов и ошибок; в решении нет математических ошибок (возможна одна неточность, описка, не являющаяся следствием незнания или непонимания учебного материала);

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны; допущена одна ошибка или два-три недочета в выкладках

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* допущены более одной ошибки или более двух- трех недочетов в выкладках, но учащийся владеет обязательными умениями по проверяемой теме

### КМ-2. КМ-2 "Численное решение СЛАУ"

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольную работу «Численное решение СЛАУ» студенты пишут на практическом занятии 2 часа.

**Краткое содержание задания:**

Постройте сходящийся и расходящийся итерационные процессы по методу простой итерации (Якоби) для СЛАУ

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: прямые и итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений	<p>1. прямые и итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений</p> <p>2. Изобразите геометрически поведение построенного итерационного процесса. Изобразите поведение приближений по методу Зейделя. Для геометрической иллюстрации нужно сделать несколько итераций (2-3) по предложенным методам.</p> $\{x_1^1 + x_2^2 = -3, 2x_1^1 + x_2^2 = 0$ <p>3. Используя метод Ньютона (метод линеаризации), постройте итерационный метод для решения системы нелинейных уравнений</p> $\{ \cos(x - 1) + y = 1, \sin(y) + 2x = 1.6$
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 95*

*Описание характеристики выполнения знания:* работа выполнена полностью; в логических рассуждениях и обоснованиях нет пробелов и ошибок; в решении нет математических ошибок (возможна одна неточность, описка, не являющаяся следствием незнания или непонимания учебного материала);

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны; допущена одна ошибка или два-три недочета в выкладках

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* допущены более одной ошибки или более двух- трех недочетов в выкладках, но учащийся владеет обязательными умениями по проверяемой теме

**КМ-3. КМ-3"Приближение функций алгебраическими многочленами"**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольную работу «Приближение функций алгебраическими многочленами» студенты пишут на практическом занятии 2 часа.

**Краткое содержание задания:**

Составить нормальную систему метода наименьших квадратов, вычислить приближённое значение интеграла по формуле Симпсона

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: применять различные методы приближения функций</p>	<p>1. применять различные методы приближения функций</p> <p>2. Составьте нормальную систему метода наименьших квадратов для определения коэффициентов <math>a, b, c</math> функции</p> $f(x) = a + bx + \frac{c}{x}$ <p>осуществляющей среднеквадратичную аппроксимацию по <math>(n+1)</math> точкам.</p> <p>3. Оцените погрешность интерполяционного многочлена, который можно построить для приближения функции</p> $f(x) = \sqrt{x} \ln(x)$ <p>заданной значениями в 3 точках на отрезке <math>[1,2]</math> с равномерным шагом.</p> <p>4. С каким шагом интегрирования нужно вычислять приближённое значение интеграла <math>\int_0^1 x \ln x dx</math></p> <p>по формуле центральных прямоугольников для того, чтобы обеспечить точность <math>\varepsilon = 0.01</math> ?</p> <p>5. Функция <math>f(x)</math> задана таблицей своих значений:</p> <table border="1" data-bbox="735 920 1115 992"> <tr> <td>x</td> <td>0</td> <td>0.1</td> <td>0.2</td> <td>0.3</td> <td>0.4</td> </tr> <tr> <td>y</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>6.26</td> <td>6.44</td> <td>6.6</td> </tr> </table> <p>Вычислите приближённое значение интеграла <math>\int_0^1 f(x) dx</math></p> <p>по формуле Симпсона, рассчитайте погрешность по правилу Рунге и найдите с его помощью уточнённое значение интеграла.</p>	x	0	0.1	0.2	0.3	0.4	y	5	6	6.26	6.44	6.6
x	0	0.1	0.2	0.3	0.4								
y	5	6	6.26	6.44	6.6								

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 95*

*Описание характеристики выполнения знания:* работа выполнена полностью; в логических рассуждениях и обоснованиях нет пробелов и ошибок; в решении нет математических ошибок (возможна одна неточность, описка, не являющаяся следствием незнания или непонимания учебного материала);

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны; допущена одна ошибка или два-три недочета в выкладках

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* допущены более одной ошибки или более двух- трех недочетов в выкладках, но учащийся владеет обязательными умениями по проверяемой теме

#### КМ-4. КМ-4"численные методы решения ЗК, Н-КЗ"

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольную работу "Численные методы решения ЗК, Н-КЗ" студенты пишут на практическом занятии 2 часа.

**Краткое содержание задания:**

Решим задачу Коши на отрезке методом Эйлера с заданным шагом

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: применять явные и неявные численные методы решения задачи Коши; применять методы численного решения начально-краевой задачи для уравнения теплопроводности	1. применять явные и неявные численные методы решения задачи Коши; применять методы численного решения начально-краевой задачи для уравнения теплопроводности 2. Решить Задачу Коши $y' = e, y(0) = 0, y(0) = 0$ на отрезке $[0,3]$ методом Эйлера с шагом $h = 1$ 3. Найдите с помощью метода Эйлера решение задачи Коши $y(x) = -2y, y(0) = 1$ в точках $x = 0.1$ и $x = 0.2$ . Оцените погрешность по правилу Рунге. 4.. Решить краевую задачу методом конечных разностей с шагом $h = \frac{\pi}{8}, -y' - y = -1, 0 < x < \frac{\pi}{2}, y(0) = 0, y(\frac{\pi}{2}) = 0$
---	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 95*

*Описание характеристики выполнения знания:* работа выполнена полностью; в логических рассуждениях и обоснованиях нет пробелов и ошибок; в решении нет математических ошибок (возможна одна неточность, описка, не являющаяся следствием незнания или непонимания учебного материала);

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны; допущена одна ошибка или два-три недочета в выкладках

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* допущены более одной ошибки или более двух- трех недочетов в выкладках, но учащийся владеет обязательными умениями по проверяемой теме

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 3 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

1. 1 Решение нелинейных уравнений. Методы бисекции, простых итераций, Ньютона
2. 2 Найти методом Ньютона, с погрешностью, не превышающей 0.1, корень уравнения  $e - x = 0$
3. 3 Оцените число разбиений отрезка интегрирования для приближенного вычисления интеграла  $\int_1^4 \ln x dx$  по формуле трапеций с точностью  $\varepsilon = 10^{-4}$
4. 4 Решить Задачу Коши  $y' = e, y(0) = 0, y(0) = 0$  на отрезке  $[0,3]$  методом Эйлера с шагом  $h = 1$

### Процедура проведения

За проведение зачета отвечает лектор. Зачет проводится письменно. Студенты пишут ответы на билет 2 часа. По истечении срока написания, студенты сдают работы. За ответ на каждый вопрос ставятся баллы: 1 -25 б., 2 - 25б., 3 - 25б, 4 -25 б. После суммирования баллов, ставится экзаменационная составляющая.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-4<sub>ОПК-3</sub> Применяет математический аппарат численных методов

#### Вопросы, задания

1. Теория погрешностей и машинная арифметика. Теория погрешностей. Погрешность вычислений. Обусловленность вычислительной задачи. Понятие числа обусловленности.
2. Решение нелинейных уравнений. Методы бисекции, простых итераций, Ньютона
3. Решение систем линейных алгебраических уравнений. Метод Гаусса. Итерационные методы. Метод прогонки решения трехдиагональных систем уравнений.
4. Приближение табличных функций алгебраическими многочленами. Метод интерполяции. Интерполяция сплайнами. Метод наименьших квадратов.
5. Численное дифференцирование. Численное интегрирование.
6. Метод сеток решения краевой задачи для обыкновенного дифференциального уравнения 2-го порядка. Численные методы решения задачи Коши для систем обыкновенных дифференциальных уравнений.
7. Метод конечных разностей для решения краевой задачи и оценка погрешности по правилу Рунге.
8. Приближенное решение начально-краевой задачи для уравнения теплопроводности используя явную схему.

#### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Указать количество верных цифр приближенного числа.  
 $a = 473.45122$ ;  $\Delta a = 0.01$

Ответы:

1) 1; 2) 0; 3) 3; 4) 5 воспользоваться определением верной цифры

Верный ответ: 4

2. Указать количество верных цифр приближенного числа.

$$a = 73.488931 \text{ \&nbsp; \&nbsp; \&nbsp; \&nbsp; \&nbsp; } \Delta a = 0.01$$

Ответы:

1) 1; 2) 0; 3) 4; 4) 5 воспользоваться определением верной цифры

Верный ответ: 3

3. Значения  $x$  и  $y$  заданы со всеми верными цифрами. Указать абсолютную погрешность для функции  $f(x, y)$

$$x = 2.5378 \text{ \&nbsp; \&nbsp; \&nbsp; \&nbsp; \&nbsp; }; y = 2.535 \text{ \&nbsp; \&nbsp; \&nbsp; \&nbsp; \&nbsp; }; f(x, y) = x - y$$

Ответы:

1) 0.11; 2) 0.0011; 3) 0.0000011; 4) 0.0017 воспользоваться формулой вычисления погрешности значения функции нескольких переменных

Верный ответ: 2

4. Определить как ведет себя метод простой итерации для линейной системы.

$$\begin{cases} 100x + y = 102 \\ x + 200y = 202 \end{cases}$$

Ответы:

1) сходится; 2) расходится.

Верный ответ: 1

5. Определить как ведет себя метод простой итерации для линейной системы.

$$\begin{cases} 100x + y = 102 \\ 200x + y = 202 \end{cases}$$

Ответы:

1) сходится; 2) расходится.

Верный ответ: 2

6. Степень интерполяционного многочлена Лагранжа, который можно построить для табличной функции, заданной четырьмя значениями, равна:

Ответы:

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

Верный ответ: 3

7. Степень интерполяционного многочлена Лагранжа, который можно построить для табличной функции, заданной тремя значениями, равна:

Ответы:

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

Верный ответ: 2

8. Степень интерполяционного многочлена Лагранжа, который можно построить для табличной функции, заданной шестью значениями, равна:

Ответы:

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

Верный ответ: 5

9. Функция задана таблицей своих значений.

x	-2	-1	0	1	2
y	3.1	1.7	0.9	0.7	1.05

Приблизить эту функцию многочленом второй степени. Среднеквадратичное отклонение в этом случае равно:

Ответы:

1) 1.000; 2) 0.120; 3) 0.013; 4) 0.008

Верный ответ: 4

10. Функция задана таблицей своих значений.

x	-4	-2	0	2	4
y	-0.8	0.3	1	1.7	1.9

Приблизить эту функцию многочленом второй степени. Среднеквадратичное отклонение в этом случае равно:

Ответы:

1) 11.0; 2) 1.20; 3) 0.13; 4) 0.05;

Верный ответ: 4

## ***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 95*

*Описание характеристики выполнения знания:* работа выполнена полностью; в логических рассуждениях и обоснованиях нет пробелов и ошибок; в решении нет математических ошибок (возможна одна неточность, описка, не являющаяся следствием незнания или непонимания учебного материала)

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны; допущена одна ошибка или два-три недочета в выкладках

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* допущены более одной ошибки или более двух- трех недочетов в выкладках, но учащийся владеет обязательными умениями по проверяемой теме

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

итоговая оценка за освоение дисциплины определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»