

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

**Направление подготовки/специальность: 15.03.06 Мехатроника и робототехника**

**Наименование образовательной программы: Компьютерные технологии управления в робототехнике и мехатронике**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Вычислительные методы компьютерного моделирования в механике**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Маслов А.Н.
	Идентификатор	Rf8f2f741-MaslovAN-736ea3ef

(подпись)

А.Н. Маслов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Адамов Б.И.
	Идентификатор	R2db20bbf-AdamovBI-4e0d2620

(подпись)

Б.И. Адамов

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Меркурьев И.В.
	Идентификатор	Rd52c763c-MerkuryevIV-1e4a883f

(подпись)

И.В.  
Меркурьев

(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:

- ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности  
ИД-5 Применяет математический аппарат численных методов
- ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности  
ИД-1 Использует современные языки и системы программирования для решения профессиональных задач  
ИД-2 Применяет современные математические пакеты для моделирования и исследования динамики систем, управляемого движения мехатронных и робототехнических устройств

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

- ИДЗ №1. Уравнения движения рабочей точки робота-манипулятора (Решение задач)
- ИДЗ №2. Квадратурные формулы (Решение задач)
- КР №1. Интерполяционный многочлен Ньютона (Контрольная работа)
- КР №2. Функции численного дифференцирования (Контрольная работа)
- КР №3. Формулы Ньютона - Котеса и Гаусса (Контрольная работа)
- КР №4. Численное решение задачи Коши (Контрольная работа)

## БРС дисциплины

8 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %						
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
	Срок КМ:	4	6	8	9	11	12
Интерполяция алгебраическими многочленами.							
Интерполяция алгебраическими многочленами.		+		+			
Численное дифференцирование.							
Численное дифференцирование.			+				
Численное интегрирование.							

Численное интегрирование.				+	+	
Численные методы решения задачи Коши.						
Численные методы решения задачи Коши.						+
Вес КМ:	15	15	20	15	15	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-5 <sub>ОПК-1</sub> Применяет математический аппарат численных методов	Знать: Алгоритмы интерполяции алгебраическими многочленами. Алгоритмы численного решения дифференциальных уравнений приведенных к форме Коши. Уметь: Разрабатывать программное обеспечение для синтеза уравнений движения и анализа динамики многозвенных механизмов и манипуляторов.	КР №1. Интерполяционный многочлен Ньютона (Контрольная работа) ИДЗ №1. Уравнения движения рабочей точки робота-манипулятора (Решение задач) КР №3. Формулы Ньютона - Котеса и Гаусса (Контрольная работа) ИДЗ №2. Квадратурные формулы (Решение задач) КР №4. Численное решение задачи Коши (Контрольная работа)
ОПК-4	ИД-1 <sub>ОПК-4</sub> Использует современные языки и системы программирования для решения профессиональных задач	Знать: Алгоритмы численного дифференцирования. Уметь: Реализовывать алгоритмы численного решения обыкновенных дифференциальных	КР №1. Интерполяционный многочлен Ньютона (Контрольная работа) КР №2. Функции численного дифференцирования (Контрольная работа) КР №4. Численное решение задачи Коши (Контрольная работа)

		уравнений с использованием современных программных пакетов. Реализовывать алгоритмы полиномиальной интерполяции с использованием современных программных пакетов.	
ОПК-4	ИД-2ОПК-4 Применяет современные математические пакеты для моделирования и исследования динамики систем, управляемого движения мехатронных и робототехнических устройств	Знать: Алгоритмы численного интегрирования. Уметь: Разрабатывать программное обеспечение для синтеза уравнений движения и анализа динамики многосвязных механизмов и манипуляторов. Реализовывать алгоритмы численного дифференцирования и интегрирования с использованием современных программных пакетов.	КР №2. Функции численного дифференцирования (Контрольная работа) ИДЗ №1. Уравнения движения рабочей точки робота-манипулятора (Решение задач) КР №3. Формулы Ньютона - Котеса и Гаусса (Контрольная работа) ИДЗ №2. Квадратурные формулы (Решение задач)

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

### КМ-1. КР №1. Интерполяционный многочлен Ньютона

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Краткое содержание задания:**

1. Составить интерполяционный многочлен Ньютона

$\begin{pmatrix} x & f \\ -0.2 & -0.89 \\ 1.73 & 1.26 \\ 3.25 & -2.24 \\ 6.11 & -4.81 \end{pmatrix}$	Найти $F(x=1.2)$
--	------------------

2. Найти кубические интерполяции по Эрмиту на двух отрезках

$\begin{pmatrix} x & f & f' \\ -0.2 & 3.88 & 0.26 \\ 2.73 & -3.03 & 0.3 \\ 4.78 & -6.61 & 0.72 \end{pmatrix}$	Найти $F''(x=2.73-)$ и $F''(x=2.73+)$
---	---------------------------------------

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: Алгоритмы интерполяции алгебраическими многочленами.	1. Интерполяционный многочлен Ньютона разрывная функция?
Уметь: Реализовывать алгоритмы полиномиальной интерполяции с использованием современных программных пакетов.	1. Если в узлах сетки не заданы значения производных, можно построить интерполяцию по Эрмиту?

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

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

### КМ-2. КР №2. Функции численного дифференцирования

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Краткое содержание задания:**

- Дана функция:  $x - 7x^3 - 3x^4$   
 $X_0=1$   $h=2.9$
1. Найти  $f'$  двухточечной ФЧД?
  2. Найти  $f'$  трехточечной ФЧД?
  3. Найти  $f''$  трехточечной ФЧД?
  4. Найти  $h_{opt}$  для п.1 при  $\delta=0.001$ ?

р

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: Алгоритмы численного дифференцирования.	1. Почему значение оптимального шага не стремится к нулю для обеспечения минимальной погрешности?
Уметь: Разрабатывать программное обеспечение для синтеза уравнений движения и анализа динамики многозвенных механизмов и манипуляторов.	1. Что влияет на точность ФЧД?

**Описание шкалы оценивания:***Оценка: 5**Нижний порог выполнения задания в процентах: 90**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно**Оценка: 4**Нижний порог выполнения задания в процентах: 80**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто, выбрано верное направление для решения задач**Оценка: 3**Нижний порог выполнения задания в процентах: 65**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено***КМ-3. ИДЗ №1. Уравнения движения рабочей точки робота-манипулятора****Формы реализации:** Письменная работа**Тип контрольного мероприятия:** Решение задач**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Самостоятельная работа.**Краткое содержание задания:**

Построить траекторию движения схвата робота манипулятора при наличии препятствий.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: Алгоритмы интерполяции алгебраическими многочленами.	1. Можно ли построить интерполяционную функцию траектории движения схвата робота манипулятора без параметра время?
Уметь: Реализовывать алгоритмы численного дифференцирования и интегрирования с использованием современных программных пакетов.	1. Какие действия нужно предпринять при выборе узловых точек для исключения частей траекторий в виде "петля"? 2. Можно ли использовать интерполяционный многочлен Ньютона для задания траектории движения?



**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 65

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

**КМ-4. КР №3. Формулы Ньютона - Котеса и Гаусса**

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа

**Краткое содержание задания:**

Найти интеграл  $\int_a^b f[x]dx$  формулами Ньютона-Котеса и Гаусса (n=1,2,3)

$f[x]$	a	b
$x^2 + \sin[x]$	2.1	3

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: Алгоритмы численного интегрирования.	1. Можно ли численным методом найти приближенное значения любого определенного интеграла?
Уметь: Разрабатывать программное обеспечение для синтеза уравнений движения и анализа динамики многозвенных механизмов и манипуляторов.	1. Если подинтегральная функция на одном из краев интегрирования равна бесконечности, как можно подсчитать численно определенный интеграл?

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 65

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

### КМ-5. ИДЗ №2. Квадратурные формулы

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Решение задач

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Самостоятельная работа.

#### Краткое содержание задания:

Вычислить значения определенных интегралов, выполнив в вариантах В) и С) адаптацию шага. Основной шаг интегрирования:  $(b-a)/100$

Оценка ошибки на каждом шаге:  $< 10^{-6}$

$$A) \int_a^b F(x) dx; \quad B) \int_a^b \frac{F(x)}{\sqrt{x}} dx; \quad C) \int_a^b \frac{F(x)}{\sqrt{|1-x^2|}} dx;$$

а

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: Алгоритмы численного интегрирования.	1. Правила Рунге?
Уметь: Разрабатывать программное обеспечение для синтеза уравнений движения и анализа динамики многозвенных механизмов и манипуляторов.	1. Как использовать правила Рунге для адаптации шага?

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 65

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

### КМ-6. КР №4. Численное решение задачи Коши

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа

#### Краткое содержание задания:

Решить диф.ур. $x'=F$ методом Эйлера, Хойна, Рунге и Рунге-Кутты				
F	t0	h	x(t0)	x'(t0)
$-x + (x')^2$	3.	0.01	2.	-1.

### Контрольные вопросы/задания:

Знать: Алгоритмы численного решения дифференциальных уравнений приведенных к форме Коши.	1.Какое условие для сходимости метода Эйлера для любой задачи Коши?
Уметь: Реализовывать алгоритмы численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений с использованием современных программных пакетов.	1.Сколько раз нужно подсчитать значения функции в методе Эйлера?

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

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

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1.	§3. Численное интегрирование. Теорема об остаточном члене элементарной квадратурной формулы																						
2.	ЗАДАЧА 2.8 Тема: ОЧД Дана функция: $1 - 4x - 6x^2 + 4x^3 + 7x^4$ $x_0=1$ $h=2.5$ 1. Найти $f'$ двухточечной ФЧД? 2. Найти $f''$ трехточечной ФЧД? 3. Найти $f'''$ трехточечной ФЧД? 4. Найти $\eta_{opt}$ для $n=1$ при $0 < \epsilon < 0.01$ ?																						
3.	ЗАДАЧА 1.7 1. Составить интерполяционный многочлен Лагранжа <table border="1"><tr><th>x</th><th>f</th></tr><tr><td>-0.75</td><td>-7.42</td></tr><tr><td>2.92</td><td>0.74</td></tr><tr><td>3.65</td><td>0.89</td></tr><tr><td>6.11</td><td>1.33</td></tr></table> Найти $F(x=1.2)$ 2. Найти кубические интерполляции по Эрмиту на двух отрезках <table border="1"><tr><th>x</th><th>f</th><th>f'</th></tr><tr><td>0.53</td><td>-4.23</td><td>-0.15</td></tr><tr><td>2.8</td><td>7.2</td><td>0.09</td></tr><tr><td>3.06</td><td>7.12</td><td>-0.7</td></tr></table> Найти $F''(x=2.8^-)$ и $F''(x=2.8^+)$	x	f	-0.75	-7.42	2.92	0.74	3.65	0.89	6.11	1.33	x	f	f'	0.53	-4.23	-0.15	2.8	7.2	0.09	3.06	7.12	-0.7
x	f																						
-0.75	-7.42																						
2.92	0.74																						
3.65	0.89																						
6.11	1.33																						
x	f	f'																					
0.53	-4.23	-0.15																					
2.8	7.2	0.09																					
3.06	7.12	-0.7																					

## Процедура проведения

Письменный ответ. Дополнительные вопросы.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-5<sub>ОПК-1</sub> Применяет математический аппарат численных методов

#### Вопросы, задания

- 1.13. Общая формулировка явных методов Рунге – Кутты
- 2.12. Сходимость конечноразностных методов
- 3.16. Неявные методы Рунге – Кутты
- 4.7. Квадратурные формулы

#### Материалы для проверки остаточных знаний

1.5. Трехточечная формула численного дифференцирования второй производной?

Ответы:

$$f''(x) = D_0 + D_1(x - X_0) + D_1(x - X_0) + D_2(x - X_0)(x - X_1)f'' \approx 2D_2 = \frac{f_2 - 2f_1 + f_0}{h^2}$$

2.7. Формула трапеций для подсчета определенных интегралов?

Ответы:

$$1. I = f_0(X_1 - X_0)$$

$$2. I = f_0 + \frac{f_1 - f_0}{X_1 - X_0}(x - X_0)$$

$$3. I = f_1(X_1 - X_0)$$

Верный ответ: 2

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ОПК-4</sub> Использует современные языки и системы программирования для решения профессиональных задач

#### Вопросы, задания

- 1.8. Формулы Ньютона – Котеса
- 2.9. Формулы Гаусса

- 3.6. Выбор шага при численном дифференцировании
- 4.5. Формулы локального численного дифференцирования
- 5.4. Задача кубической интерполяции по Эрмиту
- 6.2. Интерполяционный многочлен Ньютона

### Материалы для проверки остаточных знаний

1.1. Разделенная разность первого порядка?

Ответы:

1.  $\frac{f_2 + f_1}{2}$
2.  $\frac{f_2 - f_1}{x_2 - x_1}$
3.  $\frac{f_3 - f_2 - f_1}{(x_2 - x_1)(x_3 - x_2)}$

Верный ответ: 2

2.3. Какие значения используются для получения интерполяционного многочлена Эрмита с кратными узлами?

Ответы:

1. Два значения функции в в каждом узле сетки
2. Значение функции и ее производной в узлах сетки
3. Значение функции в узлах сетки

Верный ответ: 2

3.6. Что такое квадратурные формулы?

Ответы:

1. Приближенное вычисление квадрата функции
2. Численный подсчет производной функции
3. Приближенное вычисление определенных интегралов

Верный ответ: 3

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ОПК-4</sub> Применяет современные математические пакеты для моделирования и исследования динамики систем, управляемого движения мехатронных и робототехнических устройств

### Вопросы, задания

- 1.1. Разделённые разности
- 2.14. Вложенные методы Рунге – Кутты
- 3.11. Примеры одношаговых методов
- 4.10. Конечноразностные методы
- 5.3. Интерполяция с кратными узлами
- 6.15. Управление длиной шага для вложенных методов Рунге – Кутты

### Материалы для проверки остаточных знаний

1.2. Чему равен коэффициент  $D_0$  в интерполяционном многочлене Ньютона?

Ответы:

1.  $f_0$
2.  $(f_0 + f_n)/2$
3.  $f_n$

Верный ответ: 1

2.4. Двухточечная формула численного дифференцирования первой производной?

Ответы:

1.  $\frac{f_1 - f_0}{x_1 - x_0}$
2.  $\frac{f_1}{x_1}$

$$3. \frac{f_0 + f_1}{2(x_1 - x_0)}$$

Верный ответ: 1

3.9. Сколько подсчетов значений функции нужно сделать на одной итерации в классическом методе Рунге-Кутты

Ответы:

1.1

2.3

3.4

Верный ответ: 3

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

## **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