

**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: Мехатроника и робототехника

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

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

**Москва
2023**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

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

А.Н. Маслов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

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

Б.И. Адамов

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Меркурьев И.В.
	Идентификатор	Rd52c763c-MerkuryevIV-1e4a883c

И.В.
Меркурьев

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 применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности
ИД-5 Применяет математический аппарат численных методов
2. 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

1. ИДЗ №1. Уравнения движения рабочей точки робота-манипулятора (Решение задач)
2. ИДЗ №2. Квадратурные формулы (Решение задач)
3. КР №1. Интерполяционный многочлен Ньютона (Контрольная работа)
4. КР №2. Функции численного дифференцирования (Контрольная работа)
5. КР №3. Формулы Ньютона - Котеса и Гаусса (Контрольная работа)
6. 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 _{ОПК-1} Применяет математический аппарат численных методов	Знать: Алгоритмы численного решения дифференциальных уравнений приведенных к форме Коши. Алгоритмы интерполяции алгебраическими многочленами. 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 _{ОПК-4} 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-2 _{ОПК-4} Применяет современные математические пакеты для моделирования и исследования динамики систем, управляемого движения мехатронных и робототехнических устройств	Знать: Алгоритмы численного интегрирования. Уметь: Реализовывать алгоритмы численного дифференцирования и интегрирования с использованием современных программных пакетов. Разрабатывать программное обеспечение для синтеза уравнений движения и анализа динамики многосвязных механизмов и манипуляторов.	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

x	f
-0.2	-0.89
1.73	1.26
3.25	-2.24
6.11	-4.81

Найти $F(x=1.2)$

2. Найти кубические интерполяции по Эрмиту на двух отрезках

x	f	f'
-0.2	3.88	0.26
2.73	-3.03	0.3
4.78	-6.61	0.72

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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не 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 $h_{\text{опт}}$ 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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не 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**Оценка: 2**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не 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	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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не 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: $< 10^{-6}$

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

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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не 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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не 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 h_{opt} для $n=1$ при $\delta=0.001$?			
3.	ЗАДАЧА 1.7 1.Составить интерполяционный многочлен Ньютона <table><tr><td>$\begin{pmatrix} x & f \\ -0.75 & -7.42 \\ 2.92 & 0.74 \\ 3.65 & 0.89 \\ 6.11 & 1.33 \end{pmatrix}$</td><td rowspan="2">Найти $F(x=1.2)$</td></tr><tr><td></td></tr> </table>	$\begin{pmatrix} x & f \\ -0.75 & -7.42 \\ 2.92 & 0.74 \\ 3.65 & 0.89 \\ 6.11 & 1.33 \end{pmatrix}$	Найти $F(x=1.2)$	
$\begin{pmatrix} x & f \\ -0.75 & -7.42 \\ 2.92 & 0.74 \\ 3.65 & 0.89 \\ 6.11 & 1.33 \end{pmatrix}$	Найти $F(x=1.2)$			

Процедура проведения

Письменный ответ. Дополнительные вопросы.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-5_{ОПК-1} 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:

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

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_{ОПК-4} 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 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_{ОПК-4} 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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

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