

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

Направление подготовки/специальность: 15.03.03 Прикладная механика

Наименование образовательной программы: Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры

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	Мозгунова А.И.
	Идентификатор	R68d473b0-MozgunovaAI-c00ac77f

(подпись)

А.И.

Мозгунова

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Позняк Е.В.
	Идентификатор	Rd1b94958-PozniakYV-2647307e

(подпись)

Е.В. Позняк

(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:

1. ПК-11 способностью проектировать детали и узлы с использованием программных систем компьютерного проектирования на основе эффективного сочетания передовых технологий и выполнения многовариантных расчетов

2. ПК-12 готовностью участвовать в проектировании машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и деталей машин

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	10	12	16
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	20	15

\$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
ПК-11	ПК-11(Компетенция)	Знать: Алгоритмы численного дифференцирования Алгоритмы численного решения дифференциальных уравнений приведенных к форме Коши Уметь: Реализовывать алгоритмы полиномиальной интерполяции с использованием современных программных пакетов Реализовывать алгоритмы численного дифференцирования и интегрирования с использованием современных программных пакетов Реализовывать алгоритмы численного решения обыкновенных	КР №1. Интерполяционный многочлен Ньютона (Контрольная работа) КР №2. Функции численного дифференцирования (Контрольная работа) КР №3. Формулы Ньютона - Котеса и Гаусса (Контрольная работа)

		дифференциальных уравнений с использованием современных программных пакетов	
ПК-12	ПК-12(Компетенция)	Знать: Алгоритмы интерполяции алгебраическими многочленами Алгоритмы численного интегрирования Уметь: Разрабатывать программное обеспечение для синтеза уравнений движения и анализа динамики многозвенных механизмов и манипуляторов Разрабатывать программное обеспечение для синтеза уравнений движения и анализа динамики многозвенных механизмов и манипуляторов	ИДЗ №1. Уравнения движения рабочей точки робота-манипулятора (Решение задач) КР №3. Формулы Ньютона - Котеса и Гаусса (Контрольная работа) КР №4. Численное решение задачи Коши (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: Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Интерполяция алгебраическими многочленами.". Студенты необходимо провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. Время, отведенное на выполнение задания, устанавливается не более 90 минут.

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 численного дифференцирования	1. Что обозначает термин интерполяция? Какие существуют методы интерполяции? Напишите частный случай формулы Тейлора. Что называется интерполяционным многочленом Лагранжа? Напишите первую интерполяционную формулу Ньютона. Какую интерполяционную формулу Ньютона необходимо применять в начале таблично заданной функции, какую – в конце? Напишите вторую интерполяционную формулу Ньютона. Интерполяционная формула Гаусса. Когда она применяется?
Уметь: Реализовывать алгоритмы полиномиальной интерполяции с использованием современных программных пакетов	1. Интерполяционный многочлен Ньютона является разрывной функцией? Если в узлах сетки не заданы значения производных, можно построить интерполяцию по Эрмиту? Построить интерполяционный многочлен Ньютона для функции, заданной таблично

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 или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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: 60

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: Предлагается решение нескольких задач. Время, отведенное на выполнение задания, устанавливается не более 90 минут

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 $\delta=0.001$?

ф

Контрольные вопросы/задания:

Знать: Алгоритмы численного решения дифференциальных уравнений приведенных к форме Коши	1.Что такое численное дифференцирование? В каких случаях оно применяется? От чего зависит точность численного дифференцирования? Как можно управлять ею? Почему численное дифференцирование относится к неустойчивым алгоритмам? Какие способы получения формул численного дифференцирования вы знаете? Почему значение оптимального шага не стремится к нулю для обеспечения минимальной погрешности?
Уметь: Реализовывать алгоритмы численного дифференцирования и интегрирования с использованием современных программных пакетов	1.Что влияет на точность ФЧД?

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 или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70
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: 60
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: ИДЗ выдается в начале семестра. По мере изучения материала студент выполняет задания и в указанные сроки сдает работу на проверку преподавателю.

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: Разрабатывать программное обеспечение для синтеза уравнений движения и анализа динамики многозвенных механизмов и манипуляторов	1. Какие действия нужно предпринять при выборе узловых точек для исключения частей траекторий в виде "петля"? Можно ли использовать интерполяционный многочлен Ньютона для задания траектории движения?

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 или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70
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: 60
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: Предлагается решение нескольких задач. Время, отведенное на выполнение задания, устанавливается не более 90 минут

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. Что такое численное интегрирование? В каких случаях оно применяется. От чего зависит точность численного интегрирования? Как можно управлять ею? Что такое локальное и глобальное погрешность формул численного интегрирования? Можно ли численным методом найти приближенное значения любого определенного интеграла? Представление остатка интерполяционной квадратуры. Формулы Ньютона-Котеса. Форма остатка формулы Ньютона-Котеса. Простейшие формулы Ньютона-Котеса, остатки этих квадратур.
Уметь: Реализовывать алгоритмы численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений с использованием современных программных пакетов	1. Если подынтегральная функция на одном из краев интегрирования равна бесконечности, как можно подсчитать численно определенный интеграл? Почему формулы Ньютона-Котеса непригодны для вычислений при большом числе узлов?

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 или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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: 60

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

КМ-5. 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: Предлагается решение нескольких задач. Время, отведенное на выполнение задания, устанавливается не более 90 минут

Краткое содержание задания:

Решить диф.ур. $x''=F$ методом Эйлера, Хойна, Рунге и Рунге-Кутты				
F	t_0	h	$x(t_0)$	$x'(t_0)$
$-x + (x')^2$	3.	0.01	2.	-1.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: Разрабатывать программное обеспечение для синтеза уравнений движения и анализа динамики многосвязных механизмов и манипуляторов	1.Сколько раз нужно подсчитать значения функции в методе Эйлера?
--	--

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 или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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: 60

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

КМ-6. ИДЗ №2. Квадратурные формулы

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Решение задач

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: ИДЗ выдается в начале семестра. По мере изучения материала студент выполняет задания и в указанные сроки сдает работу на проверку преподавателю.

Краткое содержание задания:

Вычислить значения определенных интегралов, выполнив в вариантах В) и С) адаптивно шаг. Основной шаг интегрирования: $(b-a)/100$
Оценка ошибки на каждом шаге: $< 10^{-6}$

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

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: Разрабатывать программное обеспечение для синтеза уравнений движения и	1.Как использовать правила Рунге для адаптации шага? Какие условия должны выполняться для того, чтобы
---	--

анализа динамики многозвенных механизмов и манипуляторов	квадратурный процесс сходил для всякой непрерывной на конечном отрезке функции?
--	---

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 или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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: 60

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: ОЧБ Дана функция: $1 - 4x - 6x^2 + 4x^3 + 7x^4$ $x_0=1$ $h=2,5$ 1. Найти f' двухточечной ФЭД? 2. Найти f'' трехточечной ФЭД? 3. Найти f''' трехточечной ФЭД? 4. Найти $\Delta_{\text{ост}}$ для $n=1$ при $0-5,792$?																						
3.	ЗАДАЧА 1.7 1.Составить интерполяционный многочлен Лагранжа <table><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>6,21</td><td>1,33</td></tr></table> Найти $F(x=1,2)$ 2.Найти кубическое интерполирование по Эрмиту на двух отрезках <table><tr><th>x</th><th>f</th><th>f'</th></tr><tr><td>0,53</td><td>-6,23</td><td>-0,15</td></tr><tr><td>2,8</td><td>7,2</td><td>2,09</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	6,21	1,33	x	f	f'	0,53	-6,23	-0,15	2,8	7,2	2,09	3,06	7,12	-0,7
x	f																						
-0,75	-7,42																						
2,92	0,74																						
3,65	0,89																						
6,21	1,33																						
x	f	f'																					
0,53	-6,23	-0,15																					
2,8	7,2	2,09																					
3,06	7,12	-0,7																					

Процедура проведения

Письменный ответ. Дополнительные вопросы.

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

1. Компетенция/Индикатор: ПК-11(Компетенция)

Вопросы, задания

- 1.1. Задача кубической интерполяции по Эрмиту
2. Интерполяция с кратными узлами
3. Интерполяционный многочлен Ньютона
4. Разделённые разности
5. Формулы локального численного дифференцирования
6. Выбор шага при численном дифференцировании

Материалы для проверки остаточных знаний

1.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

2.Чему равен коэффициент D0 в интерполяционном многочлене Ньютона?

Ответы:

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

Верный ответ: 1

3.Трехточечная формула численного дифференцирования второй производной?

Ответы:

$$f'' = D_0 + D_1(x - X_0) + D_2(x - X_0)^2 + D_3(x - X_0)(x - X_1)f'' \approx 2D_2 = \frac{f_2 - 2f_1 + f_0}{h^2}$$

Верный ответ: формула

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

5. Метод Эйлера для численного решения задач Каши?

Ответы:

1. $y_{n+1} = y_n + hf(t_n, y_n)$
2. $\begin{cases} k_0 = f(t_n, y_n); k_1 = f(t_n + h, y_n + hk_0); \\ y_{n+1} = y_n + \frac{h}{2}(k_0 + k_1) \end{cases}$
3. $y_{n+1} = y_n + hf(t_{n+1}, y_{n+1})$

Верный ответ: 1

2. Компетенция/Индикатор: ПК-12(Компетенция)

Вопросы, задания

- 1.7. Вложенные методы Рунге – Кутты
8. Общая формулировка явных методов Рунге – Кутты
9. Управление длиной шага для вложенных методов Рунге – Кутты
10. Квадратурные формулы
11. Неявные методы Рунге – Кутты

Материалы для проверки остаточных знаний

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. 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

3. Что такое квадратурные формулы?

Ответы:

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

Верный ответ: 3

4. Не явный метод Эйлера?

Ответы:

1. $\begin{cases} k_0 = f(t_n, y_n) \\ y_{n+1} = y_n + hk_0 \end{cases}$
2. $\begin{cases} k_0 = f(t_n + h, y_n + hk_0) \\ y_{n+1} = y_n + hk_0 \end{cases}$
3. $\begin{cases} k_0 = f(t_n, y_n); k_1 = f(t_n + h, y_n + hk_0); \\ y_{n+1} = y_n + \frac{h}{2}(k_0 + k_1) \end{cases}$

Верный ответ: 2

5. 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: 80

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: 70

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: 60

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 выставляется по формуле $0.3 \cdot \text{"оценка текущей аттестации"} + 0.7 \cdot \text{"оценка промежуточной аттестации"}$ с математическим округлением