

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

Рабочая программа дисциплины
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ КОМПЬЮТЕРНОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ В МЕХАНИКЕ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Обязательная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.О.31
Трудоемкость в зачетных единицах:	8 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	8 семестр - 36 часа;
Практические занятия	8 семестр - 12 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	8 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	8 семестр - 57,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Контрольная работа	
Решение задач	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	8 семестр - 0,5 часа;

Москва 2021

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

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)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Изучение численных методов инженерных расчётов и сопутствующего математического аппарата, применяемых при решении задач механики, а также освоение способов построения и компьютерной реализации математических моделей механических систем.

Задачи дисциплины

- Изучение основных понятий, концепций и алгоритмов компьютерного моделирования робототехнических и мехатронных систем, а также применяемых при этом численных методов.;
- Овладение важнейшими методами решения прикладных задач в области вычислительной механики и математического моделирования.;
- Формирование устойчивых навыков по применению арсенала методов вычислительной механики и математического моделирования при научном анализе ситуаций, с которыми инженеру приходится сталкиваться в ходе создания новой техники и новых технологий.;
- Ознакомление с историей и логикой развития вычислительной механики и компьютерного моделирования..

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ИД-5 _{ОПК-1} 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 многосвязных механизмов и манипуляторов..
ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	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 уравнений с использованием современных программных пакетов. ; - Реализовывать алгоритмы полиномиальной интерполяции с использованием современных программных пакетов..
ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных	ИД-2 _{ОПК-4} Применяет современные математические пакеты для	знать: - Алгоритмы численного интегрирования..

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	моделирования и исследования динамики систем, управляемого движения мехатронных и робототехнических устройств	<p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Разрабатывать программное обеспечение для синтеза уравнений движения и анализа динамики многозвенных механизмов и манипуляторов.; - Реализовывать алгоритмы численного дифференцирования и интегрирования с использованием современных программных пакетов..

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Компьютерные технологии управления в робототехнике и мехатронике (далее – ОПОП), направления подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Линейную алгебру и аналитическую геометрию
- знать Математический анализ
- знать Высшую математику
- знать Информатику
- знать Дискретную математику
- знать Вычислительную механику
- уметь Работать со списками данных.
- уметь Создавать программу для выполнения расчетов в математических пакетах.
- уметь Применять циклические формы алгоритмов с остановом.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Интерполяция алгебраическими многочленами.	19	8	10	-	3	-	-	-	-	-	6	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Интерполяция алгебраическими многочленами." <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Интерполяция алгебраическими многочленами. и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизадоч по разделу "Интерполяция алгебраическими многочленами.". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], п.11.1-11.9 [2], стр. 33-45</p>
1.1	Интерполяция алгебраическими многочленами.	19		10	-	3	-	-	-	-	-	6	-	
2	Численное дифференцирование.	15		6	-	3	-	-	-	-	-	6	-	
2.1	Численное дифференцирование.	15		6	-	3	-	-	-	-	-	6	-	

															контрольной работе <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Численное дифференцирование.". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], п.12 [2], стр. 80-84
3	Численное интегрирование.	17	8	-	3	-	-	-	-	-	6	-		<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Численное интегрирование." <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Численное интегрирование. и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Численное интегрирование.". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], п.13 [2], стр. 97-110	
3.1	Численное интегрирование.	17	8	-	3	-	-	-	-	-	6	-		<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Численные методы решения задачи Коши." <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Численные	
4	Численные методы решения задачи Коши.	21	12	-	3	-	-	-	-	-	6	-		<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Численные методы решения задачи Коши." <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Численные	
4.1	Численные методы решения задачи Коши.	21	12	-	3	-	-	-	-	-	6	-		<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Численные методы решения задачи Коши." <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Численные	

													методы решения задачи Коши. и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Численные методы решения задачи Коши.". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], п.14.1-14.6 [2], стр. 269-287
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	108.0	36	-	12	-	2	-	-	0.5	24	33.5	
	Итого за семестр	108.0	36	-	12		2		-	0.5		57.5	

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Интерполяция алгебраическими многочленами.

1.1. Интерполяция алгебраическими многочленами.

Интерполяционный многочлен Лагранжа. Различные формы записи интерполяционного многочлена Лагранжа.. Лемма об остаточном члене интерполяционного многочлена Лагранжа. Оценки для погрешности интерполяции по Лагранжу.. Теорема о представлении многочлена в форме Ньютона. Разделённые разности и порядок их вычисления (случай простых узлов).. Теорема о коэффициентах представления многочлена в форме Ньютона. Интерполяционный многочлен Лагранжа в форме Ньютона.. Явная формула для разделённой разности. Свойства разделённых разностей. Лемма о делении на линейный множитель.. Разделённые разности и интерполяционный многочлен Ньютона в случае кратных узлов. Постановка задачи интерполяции с кратными узлами.. Интерполяция по Эрмиту. Задача кубической интерполяции по Эрмиту и её решение. Погрешность кубической интерполяции по Эрмиту.. Функции Кунса и их применение при построении программного движения манипулятора. Проблема сходимости последовательности интерполяционных многочленов Лагранжа..

2. Численное дифференцирование.

2.1. Численное дифференцирование.

Формулы численного дифференцирования (ФЧД). Теорема об остаточном члене ФЧД.. Двухточечные и трёхточечные ФЧД для первой производной, их порядок точности.. Трёхточечные ФЧД для второй производной, их порядок точности.. Правило Рунге практической оценки погрешности; первая и вторая формулы Рунге.. Вычислительная погрешность ФЧД; выбор шага при численном дифференцировании..

3. Численное интегрирование.

3.1. Численное интегрирование.

Элементарные и составные квадратурные формулы. Квадратурные формулы Ньютона – Котеса.. Простейшие квадратурные формулы Ньютона – Котеса (формулы левых прямоугольников, трапеций, Симпсона) и оценки погрешности этих квадратурных формул.. Лемма о погрешности формул Ньютона – Котеса с нечётным числом узлов. Адаптивные процедуры численного интегрирования. Квадратурные формулы Гаусса..

4. Численные методы решения задачи Коши.

4.1. Численные методы решения задачи Коши.

Явные и неявные конечноразностные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений.. Лемма о коэффициентах типового разностного уравнения. Простейшие примеры конечноразностных методов (явный и неявный методы Эйлера, правило средней точки, правило трапеций).. Порядок аппроксимации конечноразностного метода. Локальная погрешность конечноразностного метода и её связь с погрешностью аппроксимации в случае явных методов.. Устойчивость конечноразностного метода на конечном отрезке. Первый характеристический многочлен конечноразностного метода; корневое условие.. Глобальная погрешность конечноразностного метода. Теорема о сходимости конечноразностного метода.. Особенности реализации неявных методов; схема “предиктор – корректор”.. Явные методы второго порядка точности (метод Хойна, метод Рунге).. Общая формулировка явных методов Рунге – Кутты; таблица Батчера. Примеры явных методов Рунге – Кутты. Порядковые барьеры Батчера.. Вложенные методы Рунге –

Кутты. Теорема об условиях Мерсона для вложенных методов Рунге – Кутты. Методы Dormana–Принса.. Управление длиной шага для вложенных методов Рунге – Кутты. Способы получения значений решения задачи Коши в промежуточных точках; непрерывные расширения методов Рунге – Кутты..

3.3. Темы практических занятий

1. Интерполяция многочленами (3 часа).
2. Функции численного дифференцирования (3 часа).
3. Квадратурные формулы. Формулы Ньютона-Котеса и Гаусса (3 часа).
4. Численное решение задачи Коши (3 часа)..

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
Знать:						
Алгоритмы численного решения дифференциальных уравнений приведенных к форме Коши.	ИД-5 _{ОПК-1}				+	Контрольная работа/КР №4. Численное решение задачи Коши
Алгоритмы интерполяции алгебраическими многочленами.	ИД-5 _{ОПК-1}	+				Решение задач/ИДЗ №1. Уравнения движения рабочей точки робота-манипулятора Контрольная работа/КР №1. Интерполяционный многочлен Ньютона
Алгоритмы численного дифференцирования.	ИД-1 _{ОПК-4}		+			Контрольная работа/КР №2. Функции численного дифференцирования
Алгоритмы численного интегрирования.	ИД-2 _{ОПК-4}			+		Решение задач/ИДЗ №2. Квадратурные формулы Контрольная работа/КР №3. Формулы Ньютона - Котеса и Гаусса
Уметь:						
Разрабатывать программное обеспечение для синтеза уравнений движения и анализа динамики многосвязных механизмов и манипуляторов.	ИД-5 _{ОПК-1}			+		Решение задач/ИДЗ №2. Квадратурные формулы Контрольная работа/КР №3. Формулы Ньютона - Котеса и Гаусса
Реализовывать алгоритмы полиномиальной интерполяции с использованием современных программных пакетов.	ИД-1 _{ОПК-4}	+				Контрольная работа/КР №1. Интерполяционный многочлен Ньютона
Реализовывать алгоритмы численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений с использованием современных программных пакетов.	ИД-1 _{ОПК-4}				+	Контрольная работа/КР №4. Численное решение задачи Коши
Реализовывать алгоритмы численного дифференцирования и	ИД-2 _{ОПК-4}	+				Решение задач/ИДЗ №1. Уравнения

интегрирования с использованием современных программных пакетов.					движения рабочей точки робота-манипулятора
Разрабатывать программное обеспечение для синтеза уравнений движения и анализа динамики многосвязных механизмов и манипуляторов.	ИД-2ОПК-4		+		Контрольная работа/КР №2. Функции численного дифференцирования

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

8 семестр

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)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №8)

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

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Амосов А. А., Дубинский Ю. А., Копченова Н. В. - "Вычислительные методы", (4-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2022 - (672 с.)
<https://e.lanbook.com/book/211463>;
2. Калиткин, Н. Н. Численные методы : учебное пособие для вузов / Н. Н. Калиткин ; Ред. А. А. Самарский . - 2-е изд . - СПб. : БХВ-Петербург, 2014 . - 592 с. - (Учебная литература для вузов) . - ISBN 978-5-9775-0500-0 ..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;
5. Acrobat Reader;
6. Scilab;
7. GNU Octave.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" -
http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red

2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	С-215, Учебная аудитория	стол, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Б-415, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	С-215, Учебная аудитория	стол, стул, доска меловая
	С-213, Учебная аудитория	стол, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Б-415, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
	Б-411, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
	С-200, Компьютерный класс каф. "РМДиПМ"	стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный
Помещения для консультирования	С-218, Кабинет сотрудников	стол, стул, компьютер персональный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	С-114/1, Массажная	

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Вычислительные методы компьютерного моделирования в механике

(название дисциплины)

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 КР №1. Интерполяционный многочлен Ньютона (Контрольная работа)
- КМ-2 КР №2. Функции численного дифференцирования (Контрольная работа)
- КМ-3 ИДЗ №1. Уравнения движения рабочей точки робота-манипулятора (Решение задач)
- КМ-4 КР №3. Формулы Ньютона - Котеса и Гаусса (Контрольная работа)
- КМ-5 ИДЗ №2. Квадратурные формулы (Решение задач)
- КМ-6 КР №4. Численное решение задачи Коши (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4	6	8	9	11	12
1	Интерполяция алгебраическими многочленами.							
1.1	Интерполяция алгебраическими многочленами.		+		+			
2	Численное дифференцирование.							
2.1	Численное дифференцирование.			+				
3	Численное интегрирование.							
3.1	Численное интегрирование.					+	+	
4	Численные методы решения задачи Коши.							
4.1	Численные методы решения задачи Коши.							+
Вес КМ, %:			15	15	20	15	15	20