

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: Робототехнические устройства

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Заочная

Рабочая программа дисциплины
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ КОМПЬЮТЕРНОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ В МЕХАНИКЕ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.01.02
Трудоемкость в зачетных единицах:	9 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	9 семестр - 4 часа;
Практические занятия	9 семестр - 4 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	9 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	9 семестр - 96,8 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	9 семестр - 0,9 часа;
включая: Контрольная работа Решение задач	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	9 семестр - 0,3 часа;

Москва 2024

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Очков В.Ф.
	Идентификатор	Rd91184b2-OchkovVF-1531e2ff

В.Ф. Очков

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Долбикова Н.С.
	Идентификатор	Re789edb1-DolbikovaNS-479113b

Н.С. Долбикова

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мезин С.В.
	Идентификатор	R420ae592-MezinSV-dc40cfee

С.В. Мезин

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.;
- Владение 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
ПК-1 Способен решать задачи цифровизации в технических системах	ИД-1 _{ПК-1} Демонстрирует понимание принципов построения и использования информационных систем в технических системах, осуществляет поиск и выбор цифровых технологий и методов в соответствии с поставленной задачей	знать: - Алгоритмы численного дифференцирования. ; - Алгоритмы численного интегрирования. ; - Алгоритмы интерполяции алгебраическими многочленами. ; - Алгоритмы численного решения дифференциальных уравнений приведенных к форме Коши.. уметь: - Реализовывать алгоритмы полиномиальной интерполяции с использованием современных программных пакетов. ; - Разрабатывать программное обеспечение для синтеза уравнений движения и анализа динамики многозвенных механизмов и манипуляторов. ; - Реализовывать алгоритмы численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений с использованием современных программных пакетов. ; - Реализовывать алгоритмы численного дифференцирования и интегрирования с использованием современных программных пакетов. ; - Разрабатывать программное

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		обеспечение для синтеза уравнений движения и анализа динамики многозвенных механизмов и манипуляторов..

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Робототехнические устройства (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.	22.2	9	1.0	-	1.0	-	-	-	0.2	-	20	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Интерполяция алгебраическими многочленами." <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизадч 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>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Интерполяция алгебраическими многочленами. и подготовка к контрольной работе <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], п.11.1-11.9 [2], стр. 33-45</p>
1.1	Интерполяция алгебраическими многочленами	16.1		0.5	-	0.5	-	-	-	0.1	-	15	-	
1.2	Функции	6.1		0.5	-	0.5	-	-	-	0.1	-	5	-	
2	Численное дифференцирование.	23.3		1.5	-	1.5	-	-	-	0.3	-	20	-	
2.1	Численное дифференцирование.	17.2	1	-	1	-	-	-	0.2	-	15	-	<p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Численное дифференцирование. и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу</p>	
2.2	Численное интегрирование.	6.1	0.5	-	0.5	-	-	-	0.1	-	5	-		

													<p>"Численное дифференцирование." <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</p>
3	Численные методы решения задачи Коши.	24.5	1.5	-	1.5	-	-	-	0.4	-	21.1	-	<p><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>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Численные методы решения задачи Коши. и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Численные методы решения задачи Коши." <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], п.14.1-14.6 [2], стр. 269-287</p>
3.1	Численные методы решения задачи Коши.	18.4	1	-	1	-	-	-	0.3	-	16.1	-	
3.2	Примеры методов решения	6.1	0.5	-	0.5	-	-	-	0.1	-	5	-	
	Экзамен	38.0	-	-	-	-	2	-	-	0.3	-	35.7	
	Всего за семестр	108.0	4.0	-	4.0	-	2	-	0.9	0.3	61.1	35.7	
	Итого за семестр	108.0	4.0	-	4.0		2		0.9	0.3	96.8		

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..

1.2. Функции

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..

2.2. 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..

3. Численные методы решения задачи Коши.

3.1. 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..

3.2. Примеры методов решения

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 Дормана–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;
2. Функции численного дифференцирования;
3. . Квадратурные формулы. Формулы Ньютона-Котеса и Гаусса;
4. Численное решение задачи Коши.

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	
Знать:					
Алгоритмы численного решения дифференциальных уравнений приведенных к форме Коши.	ИД-1ПК-1	+		+	Контрольная работа/КР №4. Численное решение задачи Коши
Алгоритмы интерполяции алгебраическими многочленами.	ИД-1ПК-1	+			Решение задач/ИДЗ №1. Уравнения движения рабочей точки робота-манипулятора Контрольная работа/КР №1. Интерполяционный многочлен Ньютона
Алгоритмы численного интегрирования.	ИД-1ПК-1		+		Решение задач/ИДЗ №2. Квадратурные формулы Контрольная работа/КР №3. Формулы Ньютона - Котеса и Гаусса
Алгоритмы численного дифференцирования.	ИД-1ПК-1		+		Контрольная работа/КР №2. Функции численного дифференцирования
Уметь:					
Разрабатывать программное обеспечение для синтеза уравнений движения и анализа динамики многосвязных механизмов и манипуляторов.	ИД-1ПК-1	+			Решение задач/ИДЗ №2. Квадратурные формулы Контрольная работа/КР №3. Формулы Ньютона - Котеса и Гаусса
Реализовывать алгоритмы численного дифференцирования и интегрирования с использованием современных программных пакетов.	ИД-1ПК-1	+			Решение задач/ИДЗ №1. Уравнения движения рабочей точки робота-манипулятора
Реализовывать алгоритмы численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений с использованием современных программных пакетов.	ИД-1ПК-1			+	Контрольная работа/КР №4. Численное решение задачи Коши

Разрабатывать программное обеспечение для синтеза уравнений движения и анализа динамики многозвенных механизмов и манипуляторов.	ИД-1 _{ПК-1}		+		Контрольная работа/КР №2. Функции численного дифференцирования
Реализовывать алгоритмы полиномиальной интерполяции с использованием современных программных пакетов.	ИД-1 _{ПК-1}	+			Контрольная работа/КР №1. Интерполяционный многочлен Ньютона

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

9 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 №9)

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 9 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. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
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	Ж-417/6, Белая мультимедийная студия	стол компьютерный, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, компьютер персональный
	Ж-417/7, Световая черная студия	стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, микрофон, мультимедийный проектор, экран, оборудование специализированное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Ж-200б, Конференц-зал ИДДО	стол, стул, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Ж-417 /2а, Помещение для инвентаря	стеллаж для хранения инвентаря, экран, указка, архивные документы, дипломные и курсовые работы студентов, канцелярский принадлежности, спортивный инвентарь, хозяйственный инвентарь, запасные комплектующие для оборудования

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Вычислительные методы компьютерного моделирования в механике

(название дисциплины)

9 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	10	12	16
1	Интерполяция алгебраическими многочленами.							
1.1	Интерполяция алгебраическими многочленами		+		+	+	+	
1.2	Функции							+
2	Численное дифференцирование.							
2.1	Численное дифференцирование.			+				
2.2	Численное интегрирование.			+		+	+	
3	Численные методы решения задачи Коши.							
3.1	Численные методы решения задачи Коши.							+
3.2	Примеры методов решения							+
Вес КМ, %:			30	30	10	10	10	10