

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**  
**(РУТ (МИИТ))**



Рабочая программа дисциплины (модуля),  
как компонент образовательной программы  
высшего образования - программы бакалавриата  
по направлению подготовки  
15.03.06 Мехатроника и робототехника,  
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)  
Тимониным В.С.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Моделирование роботов**

Направление подготовки: 15.03.06 Мехатроника и робототехника

Направленность (профиль): Автоматизация и роботизация  
технологических процессов

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде  
электронного документа выгружена из единой  
корпоративной информационной системы управления  
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)  
ID подписи: 610876  
Подписал: заведующий кафедрой Григорьев Павел  
Александрович  
Дата: 01.06.2025

## 1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целями освоения дисциплины (модуля) являются:

- формирование умения находить адекватную замену процесса в роботизированном комплексе соответствующей математической моделью;
- исследование математических моделей роботизированных комплексов методами вычислительной математики с привлечением средств современной вычислительной техники;
- изучение основ моделирования промышленных роботов.

Задачами дисциплины (модуля) являются:

- освоение теории моделирования роботизированных комплексов;
- овладение методами моделирования роботизированных комплексов;
- овладение знаниями о методах составления математических моделей роботизированных комплексов;
- овладение знаниями об исследовании математических моделей с помощью прикладных программ.
- формирование навыков решения задач при моделировании промышленных роботов;
- формирование представлений у студентов о путях развития и совершенствования систем моделирования роботов.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

**ОПК-4** - Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности.;

**ОПК-11** - Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматизации, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем;

**ПК-2** - Способен производить комплексную настройку мехатронных и робототехнических систем, используя программное обеспечение контроллеров и управляющих ЭВМ, их систем управления .

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

**Знать:**

- методы математического моделирования, применяемые в области расчета и исследования робототехнических комплексов;
- методику составления математических моделей;
- информационные технологии при исследовании математических моделей.

**Уметь:**

- разрабатывать математические модели и оценивать их адекватность и точность;
- применять методы математического моделирования и готовые математические модели для решения прикладных задач;
- использовать информационные технологии при исследовании математических моделей.

**Владеть:**

- навыками разработки математических моделей процессов и явлений робототехнических комплексов;
- навыками разработки новых или использования существующих методов решения получающихся математических задач;
- навыками разработки алгоритмов решения и их программной реализации, навыками решения задач с использованием современной вычислительной техники и анализа получающихся результатов.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 6 з.е. (216 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов		
	Всего	Семестр	
		№5	№6
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	128	64	64
В том числе:			

Занятия лекционного типа	64	32	32
Занятия семинарского типа	64	32	32

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 88 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля).

##### 4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	Общие сведения о моделировании технических систем Рассматриваемые вопросы: - моделирование как метод научного познания; - основные понятия и определения; - область применения математических моделей; - роль и место моделирования в проектировании РТК.
2	Математические модели на микроуровне Рассматриваемые вопросы: - объекты проектирования; - модели механических систем.
3	Математические модели дискретных элементов Рассматриваемые вопросы: - объекты проектирования; - компонентные и топологические уравнения механической системы; - компонентные и топологические уравнения электрической системы.
4	Математические модели на макроуровне Рассматриваемые вопросы: - способы построения теоретических моделей.
5	Структурно-матричный метод формирования математических моделей Рассматриваемые вопросы: - моделирование электромеханических систем.
6	Моделирование нелинейных систем Рассматриваемые вопросы:

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- моделирование нелинейных элементов;</li> <li>- моделирование нелинейных систем.</li> </ul>
7	<p><b>Приведенные массы, моменты инерции, силы и моменты сил</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- правила нахождения приведенных сил и моментов сил;</li> <li>- правила нахождения приведенных масс и моментов инерции;</li> <li>- приведение жесткостей;</li> <li>- приведенные массы, моменты инерции, силы и моменты сил, приведенные жесткости на примере механической системы робота.</li> </ul>
8	<p><b>Уравнения движения жёстких механических систем</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- составление уравнений жестких МС;</li> <li>- пример составления уравнений движения для жесткой робота с цилиндрической системой координат.</li> </ul>
9	<p><b>Уравнения движения упругих механических систем</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- составление уравнений упругих МС;</li> <li>- примеры составления уравнений движения для упругих одномассовых и многомассовых МС.</li> </ul>
10	<p><b>Динамические модели в средах моделирования</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- среды моделирования;</li> <li>- принципы составления моделей.</li> </ul>
11	<p><b>Уравнения динамики</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>основные положения;</li> <li>- моделирование механизмов.</li> </ul>
12	<p><b>Моделирование исполнительных систем манипуляционных роботов</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- обобщённая математическая модель;</li> <li>- компьютерное моделирование исполнительных систем манипуляционных роботов.</li> </ul>
13	<p><b>Моделирование управляемого движения исполнительных систем манипуляционных роботов</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- модель движения робота с цикловым управлением;</li> <li>- модель движения робота с позиционным управлением;</li> <li>- модель движения робота с контурным управлением.</li> </ul>
14	<p><b>Пример построения моделей исполнительных систем манипуляционных роботов</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- моделирование станочных роботов;</li> <li>- моделирование робота для лазерного упрочнения;</li> <li>- моделирование робота для лазерной резки.</li> </ul>
15	<p><b>Моделирование многосвязных механизмов</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- структурный анализ;</li> <li>- кинематический анализ;</li> <li>- имитационное моделирование.</li> </ul>
16	<p><b>Моделирование контактного взаимодействия</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основы контактного взаимодействия;</li> <li>- моделирование контакта.</li> </ul>
17	<p><b>Моделирование составных элементов</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- аналитическая модель электродвигателя;</li> <li>- имитационная модель электродвигателя;</li> <li>- гибкие элементы.</li> </ul>
18	<p><b>Моделирование захватных устройств</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- описание механизмов захватных устройств;</li> <li>- построение имитационной модели.</li> </ul>
19	<p><b>Моделирование галопирующих роботов</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- описание механизмов галопирующих роботов;</li> <li>- построение имитационной модели.</li> </ul>
20	<p><b>Качественный анализ и упрощение математических моделей</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- задачи качественного анализа;</li> <li>- оценка свойств;</li> <li>- топология динамических моделей;</li> <li>- упрощение динамических моделей.</li> </ul>
21	<p><b>Моделирование и анализ статических состояний</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- задачи анализа статических состояний;</li> <li>- численные методы;</li> <li>- анализ статических состояний линейных технических систем;</li> <li>- анализ статических состояний нелинейных технических систем.</li> </ul>
22	<p><b>Моделирование и анализ переходных процессов</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- задачи анализа переходных процессов;</li> <li>- оценка показателей качества переходных процессов;</li> <li>- анализ переходных процессов технических систем.</li> </ul>
23	<p><b>Моделирование и анализ вероятностных систем</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные понятия теории вероятностей;</li> <li>- моделирование случайных величин;</li> <li>- определение статистических оценок.</li> </ul>
24	<p><b>Экспериментальные факторные математические модели</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принципы планирования эксперимента;</li> <li>- план однофакторного эксперимента;</li> <li>- план полного факторного эксперимента;</li> <li>- план дробного факторного эксперимента.</li> </ul>
25	<p><b>Оптимизация параметров технических систем</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- понятия и определения параметрической оптимизации;</li> <li>- формирование целевой функции;</li> <li>- выбор управляемых параметров.</li> </ul>
26	<p><b>Линейное программирование</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- основные понятия линейного программирования; - примеры решения задач линейного программирования.
27	<b>Нелинейное программирование</b> Рассматриваемые вопросы: - виды нелинейных моделей; - математическое описание нелинейных моделей; - примеры решения задач нелинейного программирования для РТК.
28	<b>Математические модели в виде дифференциальных уравнений</b> - математическое описание модели в виде дифференциальных уравнений; - пример решения для одномассовой механической системы; - модели, заданные в виде уравнений в частных производных.
29	<b>Стохастические модели</b> Рассматриваемые вопросы: - основные понятия теории вероятностей; - примеры стохастических моделей; - обработка опытных данных.
30	<b>Системы технического зрения</b> Рассматриваемые вопросы: - распознавание изображений - поиск объектов.
31	<b>Матричные преобразования</b> Рассматриваемые вопросы: - матричные преобразования для описания роботов; - преобразования Денавита-Хартенберга; - матрица Якоби.
32	<b>Искусственные нейронные сети</b> Рассматриваемые вопросы: - основы теории ИНС; - библиотеки для работы с ИНС.

#### 4.2. Занятия семинарского типа.

##### Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	<b>Этапы математического моделирования</b> В результате выполнения практического занятия студенты составляют математическую модель механизма и исследуют ее на ПК.
2	<b>Точные и численные методы решения математических задач и их использование при моделировании.</b> В результате выполнения практического занятия рассматриваются различные методы решения задач с помощью прикладных программ.
3	<b>Прямые и обратные задачи моделирования.</b> В результате выполнения практического занятия рассматриваются прямые и обратные задачи, решаемые при моделировании РТС.
4	<b>Составление математической модели с применением фундаментальных законов природы.</b>

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	В результате выполнения практического занятия рассматривается составление математических моделей с применением законов сохранения энергии, материи, импульса.
5	Составление математической модели с применением вариационных принципов. В результате выполнения практического занятия рассматривается составление математических моделей для механической системы с применением принципа Гамильтона.
6	Составление математической модели с применением аналогий. В результате выполнения практического занятия рассматривается составление математических моделей с применением аналогий.
7	Математическое моделирование физических процессов. В результате выполнения практического задания рассматриваются математические модели различных по приводу физических процессов.
8	Линейное программирование. В результате выполнения практического занятия студенты решают линейную задачу оптимизации с помощью Excel.
9	Нелинейное программирование. В результате выполнения практического занятия рассматривается решение задачи нелинейного программирования в Mathcad.
10	Модель в виде обыкновенных дифференциальных уравнений. В результате выполнения практического занятия рассматривается составление уравнений динамики для механической системы и аналитические способы решения этих уравнений.
11	Модели в виде дифференциальных уравнений в частных производных. В результате выполнения практического занятия рассматриваются модели в частных производных на примере теплопередачи.
12	Вероятностные модели. Статистические характеристики. В результате выполнения практического занятия студенты находят статистические характеристики вероятностной модели.
13	Аппроксимация функций. В результате выполнения практического занятия для набора данных находят аппроксимирующие функции различных видов, проводят их сравнение.
14	Универсальность математических моделей. В результате выполнения практического занятия студенты рассматривают процессы колебаний в объектах различной природы и убеждаются в том, что несмотря на разную сущность объектов, им соответствуют изоморфные математические модели.
15	Искусственные нейронные сети. В результате выполнения практического занятия рассматриваются способы построения нейронных сетей.
16	Современные способы исследования математических моделей в виде дифференциальных уравнений. В результате выполнения практического занятия студенты знакомятся с современными программными продуктами, которые позволяют решать дифференциальные уравнения.
17	Составление программы вычисления функции. В результате выполнения практического занятия студенты составляют прикладные программы.
18	Составление программы построения графиков в различных системах координат. В результате выполнения практического занятия студенты составляют программу для построения различных типов графиков.
19	Описание системы дифференциальных уравнений в виде матрицы. В результате выполнения практического занятия рассматриваются правила составления программы для решения дифференциальных уравнений.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
20	Применение иерархического подхода к составлению модели механической системы РТС. В результате выполнения практического занятия студенты составляют для механической системы одномассовую и двухмассовую модели.
21	Решение системы дифференциальных уравнений. В результате выполнения практического занятия составляется математическая модель для одномассовой механической системы и исследуется в среде MathCAD.
22	Математическое моделирование процессов в двухмассовой механической системе. В результате выполнения практического занятия составляется модель для двухмассовой МС и исследуется в прикладных программах.
23	Математическое моделирование процессов в механической системе. В результате выполнения практического занятия составляется модель для заданной преподавателем МС и исследуется в прикладных программах.
24	Проектирование и моделирование робота, работающего в прямоугольной системе координат В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с проектированием и моделирование робота.
25	Проектирование и моделирование робота, работающего в цилиндрической системе координат В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с проектированием и моделирование робота.
26	Проектирование и моделирование робота, работающего в сферической системе координат В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с проектированием и моделирование робота.
27	Проектирование и моделирование робота, работающего в ангулярной системе координат В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с проектированием и моделирование робота.
28	Проектирование и моделирование SCARA робота В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с проектированием и моделирование робота.
29	Проектирование и моделирование дельта-робота В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с проектированием и моделирование робота.
30	Проектирование и моделирование сварочного робота В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с проектированием и моделирование робота.
31	Проектирование и моделирование робота-паллетайзера В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с проектированием и моделирование робота.

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Изучение электронных материалов курса и учебной литературы.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
2	Текущая подготовка к лабораторным работам и практическим занятиям.
3	Изучение дополнительной литературы.
4	Выполнение курсовой работы.
5	Подготовка к промежуточной аттестации.
6	Подготовка к текущему контролю.

#### 4.4. Примерный перечень тем курсовых работ

В курсовой работе предлагается разработать модель робота на основе расчетных зависимостей по вариантам.

При выполнении выполняется:

- обзор существующих электрических приводов и схем управления ими с составлением расчетной схемы привода;
- расчет параметров механической и электрической части привода;
- выбор основных элементов;
- моделирование работы привода.

Темы:

1. Моделирование одноосевого позиционера
2. Моделирование двухосевого позиционера
3. Моделирование промышленного робота по схеме 3R
4. Моделирование промышленного робота по схеме RRP
5. Моделирование промышленного робота по схеме 6R
5. Моделирование мехатронного устройства с реечной передачей
6. Моделирование мехатронного устройства с шарико-винтовой передачей
7. Моделирование механического захватного устройства по вариантам
8. Моделирование магнитного захватного устройства;
9. Моделирование вакуумного захватного устройства;
10. Моделирование мехатронного устройства с волновой и планетраной передачей

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
-------	----------------------------	---------------

1	Охорзин, В. А. Прикладная математика в системе MATHCAD: учебное пособие / В. А. Охорзин. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 352 с.	URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/167771">https://e.lanbook.com/book/167771</a> (дата обращения: 21.04.2023). - Текст: электронный.
2	Зализняк, В. Е. Введение в математическое моделирование : учебное пособие для вузов / В. Е. Зализняк, О. А. Золотов. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 125 с.	URL: <a href="https://urait.ru/bcode/558307">https://urait.ru/bcode/558307</a> (дата обращения: 21.04.2024). - Текст: электронный.
3	Язев, В. А. Численные методы в Mathcad : учебное пособие для вузов / В. А. Язев, И. Лукьяненко, С.. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 116 с.	URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/200381">https://e.lanbook.com/book/200381</a> (дата обращения: 21.04.2023). - Текст: электронный.
4	Воскобойников, Ю. Е. Статистический анализ экспериментальных данных в пакетах MathCAD и Excel: учебное пособие для вузов / Ю. Е. Воскобойников. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 212с.	URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/179025">https://e.lanbook.com/book/179025</a> (дата обращения: 21.04.2023). - Текст: электронный.

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

Официальный сайт РУТ (МИИТ) (<https://www.miit.ru/>).

Научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ) (<http://library.miit.ru>).

Электронно-библиотечная система Elibrary.ru (<http://elibrary.ru/>).

Электронно-библиотечная система Cyberleninka.ru (<https://cyberleninka.ru/>).

Образовательная платформа «Юрайт» (<https://urait.ru/>).

Электронно-библиотечная система издательства «Лань» (<http://e.lanbook.com/>).

Электронно-библиотечная система Znanium (<http://znanium.ru/>).

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

WPS Office (Libre Office); Python; SimInTech.

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

1. Рабочее место преподавателя с персональным компьютером, подключённым к сетям INTERNET.

2. Программное обеспечение для создания текстовых и графических документов, презентаций.

3. Специализированная лекционная аудитория с мультимедиа аппаратурой и интерактивной доской.

4. Для проведения тестирования: компьютерный класс.

5. Компьютерный класс с предустановленным ПО.

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 5 семестре.

Курсовая работа в 6 семестре.

Экзамен в 6 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

доцент, доцент, к.н. кафедры  
«Наземные транспортно-  
технологические средства»

А.В. Мишин

Согласовано:

Заведующий кафедрой НТТС

П.А. Григорьев

Председатель учебно-методической  
комиссии

С.В. Володин