

**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 и исследование робототехнических комплексов**

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: 6216  
Подписал: заведующий кафедрой Неклюдов Алексей  
Николаевич  
Дата: 01.06.2024

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

Целями освоения дисциплины (модуля) являются:

- формирование умения находить адекватную замену процесса в РТК соответствующей математической моделью;
- исследование математических моделей РТК методами вычислительной математики с привлечением средств современной вычислительной техники.

Задачами дисциплины (модуля) являются:

- овладение знаниями о методах составления математических моделей РТК;
- овладение знаниями об исследовании математических моделей на ЭВМ с помощью прикладных программ.

## 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-6** - Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий.;

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.

### **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 4 з.е. (144 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	
		№6	№7
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	96	48	48
В том числе:			
Занятия лекционного типа	32	16	16
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 48 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	<b>Общие положения моделирования.</b> Рассматриваемые вопросы: - моделирование как метод научного познания; - основные понятия и определения; - область применения математических моделей; - роль и место моделирования в проектировании РТК.
2	<b>Адекватность и эффективность моделей. Классификация моделей.</b> Рассматриваемые вопросы: - адекватность модели; - процесс построения модели; - теория подобия; - факторы, влияющие на адекватность модели; - классификация моделей.
3	<b>Основные этапы математического моделирования.</b> Рассматриваемые вопросы: - классификация математических моделей; - использование прикладных программ для создания моделей; - этапы математического моделирования.
4	<b>Разновидности задач моделирования. Методы математического программирования.</b> Рассматриваемые вопросы: - прямые и обратные задачи моделирования и примеры; - детерминированные и стохастические задачи и примеры этих задач; - линейные и нелинейные задачи; - классификация методов математического программирования.
5	<b>Линейное программирование.</b> Рассматриваемые вопросы: - основные понятия линейного программирования; - примеры решения задач линейного программирования.
6	<b>Нелинейное программирование.</b> Рассматриваемые вопросы: - виды нелинейных моделей; - математическое описание нелинейных моделей; - примеры решения задач нелинейного программирования для РТК.
7	<b>Математические модели в виде дифференциальных уравнений.</b> Рассматриваемые вопросы: - математическое описание модели в виде дифференциальных уравнений; - пример решения для одномассовой механической системы; - модели, заданные в виде уравнений в частных производных.
8	<b>Стохастические модели.</b> Рассматриваемые вопросы: - основные понятия теории вероятностей; - примеры стохастических моделей; - обработка опытных данных.
9	<b>Искусственный интеллект и его использование в РТК.</b> Рассматриваемые вопросы: - история возникновения и развития искусственного интеллекта; - системы технического зрения;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- распознавание и анализ изображений;</li> <li>- искусственные нейронные сети.</li> </ul>
10	<p><b>Основные задачи динамики механических систем и способы их решения.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- общие сведения о динамике механических систем (МС);</li> <li>- классификация МС;</li> <li>- основные задачи динамики МС;</li> <li>- способы решения основных задач динамики МС.</li> </ul>
11	<p><b>Построение расчетных схем механических систем и общие принципы их расчета.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- обозначения на эквивалентных схемах МС;</li> <li>- основные законы динамики;</li> <li>- классификация сил;</li> <li>- принцип Даламбера;</li> <li>- уравнения Лагранжа.</li> </ul>
12	<p><b>Приведенные массы, моменты инерции, силы и моменты сил МС.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- правила нахождения приведенных сил и моментов сил;</li> <li>- привиланахождения приведенных масс и моментов инерции;</li> <li>- приведение жесткостей;</li> <li>- приведенные массы, моменты инерции, силы и моменты сил МС, приведенные жесткости на примере механической системы качания руки робота.</li> </ul>
13	<p><b>Уравнения движения жёстких механических систем.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- составления уравнений жестких МС;</li> <li>- пример составления уравнений движения для жесткой робота с цилиндрической системой координат.</li> </ul>
14	<p><b>Уравнения движения упругих механических систем.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- составления уравнений упругих МС;</li> <li>- примеры составления уравнений движения для упругих одномассовых и многомассовых МС.</li> </ul>
15	<p><b>Динамические процессы ненагруженных механизмов, при нагружении и после разгона.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- уравнения движения для ненагруженных механизмов;</li> <li>- составление уравнений движения при нагружении механизмов;</li> <li>- примеры составления уравнений движения для электрических приводов роботов.</li> </ul>
16	<p><b>Основы расчета динамики робототехнических систем с присоединенной массой и с гибкими звеньями.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- особенности динамики машин с гибкими звеньями;</li> <li>- пример составления управлений движения для конвейера.</li> </ul>
17	<p><b>Динамические расчеты МС с гидравлическими, пневматическими и электрическими связями.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- особенности составления уравнений динамики для механических систем с гидравлическими связями;</li> <li>- особенности составления уравнений динамики для механических систем с пневматическими связями;</li> <li>- особенности составления уравнений динамики для механических систем с электрическими связями.</li> </ul>

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Точные и численные методы решения математических задач и их использование при моделировании. В результате выполнения лабораторной работы рассматриваются различные методы решения задач с помощью программы Mathcad.
2	Описание системы дифференциальных уравнений в виде матрицы в MathCAD. В результате выполнения лабораторной работы рассматриваются правила составления программы для решения дифференциальных уравнений.
3	Моделирование процессов в одномассовой системе. В результате выполнения лабораторной работы математическая модель для одномассовой механической системы исследуется в среде MathCAD.
4	Математическое моделирование процессов в двухмассовой механической системе. В результате выполнения лабораторной работы модель двухмассовой МС исследуется в MathCAD.
5	Составление уравнений динамики для механической системы. В результате выполнения лабораторной работы составляется модель для заданной преподавателем МС и исследуется в MathCAD.
6	Математическое моделирование процессов в механической системе. В результате выполнения лабораторной работы движение МС моделируется и исследуется в MathCAD.
7	Моделирование работы МС с гидравлическими связями. В результате выполнения лабораторной работы моделируется работа гидравлического привода.
8	Моделирование работы МС с электрическими связями. В результате выполнения лабораторной работы моделируется работа электрического привода постоянного тока.

### Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Этапы математического моделирования на примере моделирования движения кривошипно-шатунного механизма. В результате выполнения практического занятия студенты составляют математическую модель кривошипно-шатунного механизма и исследуют ее на ЭВМ в программе Excel.
2	Точные и численные методы решения математических задач и их использование при моделировании. В результате выполнения практического занятия рассматриваются различные методы решения задач с помощью программы Mathcad.
3	Прямые и обратные задачи моделирования. В результате выполнения практического занятия рассматриваются прямые и обратные задачи, решаемые при моделировании РТС.
4	Составление математической модели с применением фундаментальных законов природы. 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

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	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 Mathcad. В результате выполнения практического занятия студенты составляют программу в среде Mathcad.
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 MathCAD. В результате выполнения практического занятия рассматриваются правила составления программы для решения дифференциальных уравнений.
20	Применение иерархического подхода к составлению модели механической системы РТС. В результате выполнения практического занятия студенты составляют для механической системы одномассовую и двухмассовую модели.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
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 MathCAD.
23	Математическое моделирование процессов в механической системе. В результате выполнения практического занятия составляется модель для заданной преподавателем МС и исследуется в MathCAD.

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Подготовка к практическим занятиям.
2	Изучение дополнительной литературы.
3	Подготовка к промежуточной аттестации.
4	Подготовка к текущему контролю.

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Зайцева, Н. А. Математическое моделирование: учеб. пособие для студ. спец. "Наземные транспортно-технологические средства" / Н. А. Зайцева ; РУТ (МИИТ). Каф. "Путевые, строительные машины и робототехнические комплексы". - М. : РУТ(МИИТ), 2017. - 110 с	URL: <a href="http://195.245.205.32:8087/jirbis2/books/scanbooks_new/metod/DC-304.pdf">http://195.245.205.32:8087/jirbis2/books/scanbooks_new/metod/DC-304.pdf</a> (дата обращения: 21.04.2023). - Текст: электронный.
2	Зализняк, В. Е. Введение в математическое моделирование :	URL: <a href="https://urait.ru/bcode/488304">https://urait.ru/bcode/488304</a> (дата обращения: 21.04.2023). - Текст: электронный.



	учебное пособие для вузов / В. Е. Зализняк, О. А. Золотов. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 133с.	
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.
5	Моделирование систем и процессов : учебник для вузов / В. Н. Волкова [и др.] ; под редакцией В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 450 с.	URL: <a href="https://urait.ru/bcode/489154">https://urait.ru/bcode/489154</a> (дата обращения: 21.04.2023). - Текст: электронный.
6	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.
7	Советов, Б. Я. Моделирование систем : учебник для академического бакалавриата / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев.	URL: <a href="https://urait.ru/bcode/488217">https://urait.ru/bcode/488217</a> (дата обращения: 21.04.2023). - Текст: электронный.

	— 7-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 343 с.	
8	Доев, В. С. Сборник заданий по теоретической механике на базе МАТНСАД: учебное пособие для спо / В. С. Доев, Ф. А. Доронин. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 588 с.	URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/152468">https://e.lanbook.com/book/152468</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).

Microsoft Office (Word, Excel); MathCAD.

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 6, 7 семестрах.

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»

Н.А. Зайцева

Согласовано:

Заведующий кафедрой НТТС  
Председатель учебно-методической  
комиссии

А.Н. Неклюдов

С.В. Володин