

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



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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**Математическое и компьютерное моделирование роботов и
робототехнических систем**

Направление подготовки: 15.04.06 Мехатроника и робототехника

Направленность (профиль): Роботы и робототехнические системы

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 ФГАОУ ВО РУТ
(МИИТ)

ID подписи: 610876

Подписал: заведующий кафедрой Григорьев Павел
Александрович

Дата: 01.09.2026

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Цели освоения дисциплины (модуля) являются:

- формирование умения разрабатывать математические модели робототехнических систем различной сложности;
- освоение методов анализа и верификации математических моделей робототехнических систем;
- развитие навыков использования вычислительных методов для исследования динамики робототехнических систем.

Задачами дисциплины (модуля) являются:

- овладение знаниями о методах составления математических моделей робототехнических систем;
- формирование умения проводить верификацию моделей путем сопоставления с реальными системами;
- освоение методов оптимизации параметров моделей для повышения точности;
- приобретение навыков создания виртуальных прототипов в симуляторах.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

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

ПК-3 - Способен разрабатывать цифровые двойники роботов и робототехнических систем, строить и верифицировать математические и компьютерные модели их рабочих процессов и использовать их для оптимизации проектных решений;

ПК-5 - Способен организовывать и проводить исследования и испытания роботов и робототехнических систем и их подсистем, обрабатывать и интерпретировать результаты для принятия инженерных решений.

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

Знать:

- основы математического моделирования динамики многозвенных механизмов и мобильных роботов;
- методы формализации задач управления с использованием конечных автоматов, сетей Петри и нейросетевых моделей;

- принципы разработки алгоритмов управления робототехническими системами с использованием современных цифровых технологий;
- современные подходы к оптимизации параметров моделей.

Уметь:

- составлять математические модели кинематики и динамики робототехнических систем;
- разрабатывать алгоритмы управления на основе методов искусственного интеллекта;
- проводить параметрическую оптимизацию моделей;
- создавать виртуальные прототипы робототехнических систем.

Владеть:

- навыками построения математических моделей различной сложности;
- технологиями компьютерного моделирования динамических систем;
- методами разработки алгоритмов управления;
- методами оптимизации параметров моделей.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 9 з.е. (324 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	
		№2	№3
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	64	32	32
В том числе:			
Занятия лекционного типа	32	16	16
Занятия семинарского типа	32	16	16

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 260 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 положения моделирования. Рассматриваемые вопросы: - моделирование как метод научного познания; - основные понятия и определения; - область применения математических моделей; - роль и место моделирования в проектировании РТС.
2	Адекватность и эффективность моделей. Классификация моделей. Рассматриваемые вопросы: - адекватность модели; - процесс построения модели; - теория подобия; - факторы, влияющие на адекватность модели; - классификация моделей.
3	Основные этапы математического моделирования. Рассматриваемые вопросы: - основные понятия математического моделирования; - классификация математических моделей; - использование прикладных программ для создания моделей; - этапы математического моделирования.
4	Разновидности задач моделирования. Методы математического программирования. 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	Линейное программирование. Рассматриваемые вопросы: - основные понятия линейного программирования; - примеры решения задач линейного программирования.
6	Нелинейное программирование. Рассматриваемые вопросы: - виды нелинейных моделей; - математическое описание нелинейных моделей; - примеры решения задач нелинейного программирования для РТС.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
7	Математические модели в виде дифференциальных уравнений. Рассматриваемые вопросы: - математическое описание модели в виде дифференциальных уравнений; - способы исследования модели в виде дифференциальных уравнений; - пример решения для одномассовой механической системы; - модели, заданные в виде уравнений в частных производных.
8	Стохастические модели. Рассматриваемые вопросы: - основные понятия теории вероятностей; - примеры стохастических моделей; - обработка опытных данных.
9	Искусственный интеллект и его использование в РТС. Рассматриваемые вопросы: - история возникновения и развития искусственного интеллекта; - системы технического зрения; - распознавание и анализ изображений; - искусственные нейронные сети.
10	Основные задачи динамики механических систем и способы их решения. Рассматриваемые вопросы: - общие сведения о динамике механических систем (МС); - классификация МС; - основные задачи динамики МС; - способы решения основных задач динамики МС.
11	Построение расчетных схем механических систем и общие принципы их расчета. Рассматриваемые вопросы: - обозначения на эквивалентных схемах МС; - основные законы динамики; - классификация сил; - принцип Даламбера; - уравнения Лагранжа.
12	Приведенные массы, моменты инерции, силы и моменты сил МС. Рассматриваемые вопросы: - правила нахождения приведенных сил и моментов сил; - правила нахождения приведенных масс и моментов инерции; - приведение жесткостей; - приведенные массы, моменты инерции, силы и моменты сил МС, приведенные жесткости на примере механической системы качания руки робота.
13	Уравнения движения жёстких механических систем. Рассматриваемые вопросы: - уравнения движения для ненагруженных механизмов; - составление уравнений движения при нагружении механизмов; - примеры составления уравнений движения для электрических приводов роботов.
14	Динамические процессы ненагруженных механизмов, при нагружении и после разгона. Рассматриваемые вопросы: - уравнения движения для ненагруженных механизмов; - составление уравнений движения при нагружении механизмов; - примеры составления уравнений движения для электрических приводов роботов.
15	Основы расчета динамики робототехнических систем с присоединенной массой и с гибкими звеньями.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	Рассматриваемые вопросы: - особенности динамики машин с гибкими звеньями. - пример составления уравнений движения для конвейера.
16	Динамические расчеты МС с гидравлическими, пневматическими и электрическими связями. Рассматриваемые вопросы: - особенности составления уравнений динамики для механических систем с гидравлическими связями; - особенности составления уравнений динамики для механических систем с пневматическими связями; - особенности составления уравнений динамики для механических систем с электрическими связями.

4.2. Занятия семинарского типа.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Линейное программирование. В результате выполнения практического занятия студенты решают линейную задачу оптимизации с помощью Python.
2	Нелинейное программирование. В результате выполнения практического занятия рассматривается решение задачи нелинейного программирования в Python.
3	Модель в виде обыкновенных дифференциальных уравнений. В результате выполнения практического занятия рассматривается составление уравнений динамики для механической системы и аналитические способы решения этих уравнений.
4	В результате выполнения практического занятия рассматривается составление уравнений динамики для механической системы и аналитические способы решения этих уравнений. В результате выполнения практического занятия рассматривается модели в частных производных на примере теплопередачи.
5	Вероятностные модели. Статистические характеристики. В результате выполнения практического занятия студенты находят статистические характеристики вероятностной модели.
6	Аппроксимация функций. В результате выполнения практического занятия для набора данных находят аппроксимирующие функции различных видов.
7	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.
8	Искусственные нейронные сети. В результате выполнения практического занятия рассматриваются способы построения нейронных сетей.
9	Современные способы исследования математических моделей в виде дифференциальных уравнений.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	В результате выполнения практического занятия студенты знакомятся с современными программными продуктами, которые позволяют решать дифференциальные уравнения.
10	Составление программы вычисления функции в Python. В результате выполнения практического занятия студенты составляют программу в среде Python.
11	Составление программы построения графиков в различных системах координат. В результате выполнения практического занятия студенты составляют программу для построения различных типов графиков.
12	Описание системы дифференциальных уравнений в виде матрицы в Python. В результате выполнения практического занятия рассматриваются правила составления программы для решения дифференциальных уравнений.
13	Применение иерархического подхода к составлению модели механической системы РТС. В результате выполнения практического занятия студенты составляют для механической системы одномассовую и двухмассовую модели.
14	Решение системы дифференциальных уравнений. В результате выполнения практического занятия составляется математическая модель для одномассовой механической системы и исследуется в Python.
15	Математическое моделирование процессов в двухмассовой механической системе. В результате выполнения практического занятия составляется модель для двухмассовой МС и исследуется в Python.
16	Математическое моделирование процессов в механической системе. В результате выполнения практического занятия составляется модель для заданной преподавателем МС и исследуется в Python.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

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

4.4. Примерный перечень тем курсовых проектов

Вариант 1 «Разработка программного управления станка для резки панелей»

Вариант 2 «Разработка программного управления портального робота»

Вариант 3 «Разработка программного управления конвейерном и роботом»

Вариант 4 «Разработка программного управления роботизированной ячейки по ремонту элементов подвижного состава»

Вариант 5 «Разработка программного управления роботизированной ячейки по ремонту элементов железнодорожного пути»

Вариант 6 «Разработка программного управления роботизированной ячейки по изготовлению элементов подвижного состава»

Вариант 7 «Разработка программного управления роботизированной ячейки для сварочных операций»

Вариант 8 «Разработка программного управления роботизированной ячейки для покрасочных операций»

Вариант 9 «Разработка программного управления роботизированной ячейки герметизирующих операций»

Вариант 10 «Разработка программного управления роботизированной ячейки по ремонту элементов железнодорожного пути»

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Маликов, Р. Ф. Основы математического моделирования : учебное пособие / Р. Ф. Маликов. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2010. — 368 с. — ISBN 978-5-9912-0123-0.	URL: https://e.lanbook.com/book/5169 (дата обращения: 21.04.2023). - Текст: электронный.
2	Крыжановский, Г. А. Моделирование транспортных процессов : учебное пособие / Г. А. Крыжановский. — Санкт-Петербург : СПбГУ ГА, 2014. — 262 с.	URL: https://e.lanbook.com/book/145484 (дата обращения: 12.04.2023). - Текст: электронный.
3	Петров, А. В. Моделирование процессов и систем : учебное пособие / А. В. Петров. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 288 с. — ISBN 978-5-8114-1886-2.	URL: https://e.lanbook.com/book/212213 (дата обращения: 12.04.2023). - 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>).

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 Internet Explorer (или другой браузер).

Операционная система Microsoft Windows.

Microsoft Office.

Microsoft Project.

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.

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет во 2 семестре.

Курсовой проект в 3 семестре.

Экзамен в 3 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
«Робототехнические и
технологические комплексы на
транспорте»

А.В. Мишин

доцент, доцент, к.н. кафедры
«Робототехнические и
технологические комплексы на
транспорте»

А.Н. Неклюдов

Согласовано:

Заведующий кафедрой РИТКНТ

П.А. Григорьев

Председатель учебно-методической
комиссии

Н.А. Андриянова