

**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)**

**Компьютерное моделирование робототехнических систем**

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: 01.06.2023

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

Целями освоения дисциплины (модуля) являются:

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

Задачами дисциплины (модуля) являются:

- овладение знаниями о методах составления математических моделей РТС;
- 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): | 80               | 48      | 32 |
| В том числе:  |                  |         |    |
| Занятия лекционного типа                                  | 32               | 16      | 16 |
| Занятия семинарского типа                                 | 48               | 32      | 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 64 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><br>Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"><li>- моделирование как метод научного познания;</li><li>- основные понятия и определения;</li><li>- область применения математических моделей;</li><li>- роль и место моделирования в проектировании РТК.</li></ul>  |
| 2     | <b>Адекватность и эффективность моделей. Классификация моделей.</b><br>Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"><li>- адекватность модели;</li><li>- процесс построения модели;</li><li>- теория подобия;</li><li>- факторы, влияющие на адекватность модели;</li><li>- классификация моделей.</li></ul>  |
| 3     | <b>Основные этапы математического моделирования.</b><br>Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"><li>- основные понятия математического моделирования;</li><li>- классификация математических моделей;</li><li>- использование прикладных программ для создания моделей;</li><li>- этапы математического моделирования.</li></ul>   |
| 4     | <b>Разновидности задач моделирования. Методы математического программирования.</b><br>Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"><li>- прямые и обратные задачи моделирования и примеры;</li><li>- детерминированные и стохастические задачи и примеры этих задач;</li><li>- линейные и нелинейные задачи;</li><li>- классификация методов математического программирования.</li></ul>                      |
| 5     | <b>Линейное программирование.</b><br>Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"><li>- основные понятия линейного программирования;</li><li>- примеры решения задач линейного программирования</li></ul>   |
| 6     | <b>Нелинейное программирование.</b><br>Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"><li>- виды нелинейных моделей;</li><li>- математическое описание нелинейных моделей;</li><li>- примеры решения задач нелинейного программирования для РТК.</li></ul>  |
| 7     | <b>Математические модели в виде дифференциальных уравнений.</b><br>Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"><li>- математическое описание модели в виде дифференциальных уравнений;</li><li>- способы исследования модели в виде дифференциальных уравнений;</li><li>- пример решения для одномассовой механической системы;</li><li>- модели, заданные в виде уравнений в частных производных.</li></ul> |
| 8     | <b>Стохастические модели.</b><br>Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"><li>- основные понятия теории вероятностей;</li></ul>   |

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание  |
|----------|---|
|          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- примеры стохастических моделей;</li> <li>- обработка опытных данных.</li> </ul>  |
| 9        | <p><b>Искусственный интеллект и его использование в РТК.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- история возникновения и развития искусственного интеллекта;</li> <li>- системы технического зрения;</li> <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>- правила нахождения 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 жестких 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>  |
| 14       | <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>   |
| 15       | <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 уравнений движения для конвейера.</li> </ul>   |
| 16       | <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> </ul>   |

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание   |
|----------|--|
|          | - особенности составления уравнений динамики для механических систем с электрическими связями. |

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Практические занятия

| №<br>п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание   |
|----------|--|
| 1        | Этапы математического моделирования на примере моделирования движения кривошипно-шатунного механизма.<br>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.<br>В результате выполнения практического занятия рассматриваются различные методы решения задач с помощью программы Mathcad.  |
| 3        | Прямые и обратные задачи моделирования.<br>В результате выполнения практического занятия рассматривается применение ЭВМ для решения прямых и обратных задач моделирования.   |
| 4        | Составление математической модели с применением фундаментальных законов природы.<br>В результате выполнения практического занятия рассматривается составление математических моделей с применением законов сохранения энергии, материи, импульса.                        |
| 5        | Составление математической модели с применением вариационных принципов.<br>В результате выполнения практического занятия рассматривается составление математических моделей для механической системы с применением принципа Гамильтона .                                 |
| 6        | Составление математической модели с применением аналогий.<br>В результате выполнения практического занятия рассматривается составление математических моделей с применением аналогий.  |
| 7        | Математическое моделирование физических процессов.<br>В результате выполнения практического задания рассматриваются математические модели различных по приводу физических процессов.   |
| 8        | Линейное программирование.<br>В результате выполнения практического занятия студенты решают линейную задачу оптимизации с помощью Excel.   |
| 9        | Нелинейное программирование.<br>В результате выполнения практического занятия рассматривается решение задачи нелинейного программирования в Mathcad.   |
| 10       | Модель в виде обыкновенных дифференциальных уравнений.<br>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.<br>В результате выполнения практического занятия рассматриваются модели в частных производных на примере теплопередачи.  |
| 12       | Вероятностные модели. Статистические характеристики.<br>В результате выполнения практического занятия студенты находят статистические характеристики вероятностной модели.   |

| № п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание   |
|-------|--|
| 13    | Аппроксимация функций.<br>В результате выполнения практического занятия для набора данных находят аппроксимирующие функции различных видов.  |
| 14    | Универсальность математических моделей.<br>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.<br>В результате выполнения практического занятия рассматриваются способы построения нейронных сетей.   |
| 16    | Современные способы исследования математических моделей в виде дифференциальных уравнений.<br>В результате выполнения практического занятия студенты знакомятся с современными программными продуктами, которые позволяют решать дифференциальные уравнения.                     |
| 17    | Составление программы вычисления функции в Mathcad.<br>В результате выполнения практического занятия студенты составляют программу в среде Mathcad.  |
| 18    | Составление программы построения графиков в различных системах координат.<br>В результате выполнения практического занятия студенты составляют программу для построения различных типов графиков.  |
| 19    | Описание системы дифференциальных уравнений в виде матрицы в MathCAD.<br>В результате выполнения практического занятия рассматриваются правила составления программы для решения дифференциальных уравнений.   |
| 20    | Применение иерархического подхода к составлению модели механической системы РТС.<br>В результате выполнения практического занятия студенты составляют для механической системы одномассовую и двухмассовую модели.   |
| 21    | Решение системы дифференциальных уравнений.<br>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.<br>В результате выполнения практического занятия составляется модель для двухмассовой МС и исследуется в MathCAD.  |
| 23    | Математическое моделирование процессов в механической системе.<br>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     | <p>Зайцева, Наталья Александровна. Математическое моделирование: [Электронный ресурс] : 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</p> | <p>URL:<br/> <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: 07.04.2023). - Текст: электронный.</p> |
| 2     | <p>Зализняк, В. Е. Введение в математическое моделирование : учебное пособие для вузов / В. Е. Зализняк, О. А. Золотов. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 133с.</p>   | <p>URL: <a href="https://urait.ru/bcode/488304">https://urait.ru/bcode/488304</a> (дата обращения: 07.04.2023). - Текст: электронный.</p>  |
| 3     | <p>Язев, В. А. Численные методы в Mathcad : учебное пособие для вузов / В. А. Язев, И. Лукьяненко, С.. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 116 с.</p>  | <p>URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/200381">https://e.lanbook.com/book/200381</a> (дата обращения: 07.04.2023). - Текст: электронный.</p>  |
| 4     | <p>Воскобойников, Ю. Е. Статистический анализ экспериментальных данных в пакетах MathCAD и Excel: учебное пособие для вузов / Ю. Е. Воскобойников. —</p>   | <p>URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/179025">https://e.lanbook.com/book/179025</a> (дата обращения: 07.04.2023). - Текст: электронный.</p>  |



|   |   |  |
|---|---|--|
|   | Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 212с.   |  |
| 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: 07.04.2023). - 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: 07.04.2023). - Текст: электронный. |
| 7 | Советов, Б. Я. Моделирование систем : учебник для академического бакалавриата / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. — 7-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 343 с.    | URL: <a href="https://urait.ru/bcode/488217">https://urait.ru/bcode/488217</a> (дата обращения: 07.04.2023). - Текст: электронный.         |
| 8 | Доев, В. С. Сборник заданий по теоретической механике на базе MATHCAD: 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: 07.04.2023). - Текст: электронный. |

б. 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/>)

Общие информационные, справочные и поисковые «Консультант Плюс» (<http://www.consultant.ru/>)

«Гарант» (<http://www.garant.ru/>)

Главная книга (<https://glavkniga.ru/>)

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

Электронно-библиотечная система [ibooks.ru](http://ibooks.ru/) (<http://ibooks.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