

**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 магистратуры  
по направлению подготовки  
23.04.02 Наземные транспортно-технологические  
комплексы,  
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)  
Тимониным В.С.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Математическое и компьютерное моделирование НТТК**

Направление подготовки: 23.04.02 Наземные транспортно-  
технологические комплексы

Направленность (профиль): Наземные транспортные комплексы

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 углубленных профессиональных знаний о математическом моделировании;
- формирование умения находить адекватную замену любого процесса соответствующей математической моделью,
- исследование математических моделей НТТК методами вычислительной математики с привлечением средств современной вычислительной техники.

Задачами дисциплины (модуля) являются:

- овладение знаниями о методах составления математических моделей различных систем НТТК;
- овладение знаниями об исследовании математических моделей на ЭВМ с помощью прикладных программ;
- формирование представлений у студентов о методах исследования НТТК с помощью компьютерного моделирования.

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

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

**ОПК-5** - Способен применять инструментарий формализации научно-технических задач, использовать прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования систем и процессов;

**ПК-2** - Способен осуществлять планирование, постановку и проведение теоретических и экспериментальных научных исследований по поиску и проверке новых идей совершенствования наземных транспортно-технологических машин, их технологического оборудования и со-здания комплексов на их базе;

**ПК-3** - Способен анализировать результаты теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию технологических процессов транспортного производства, решать вопросы реализации результатов исследований и разработок, готовить научные публикации;

**ПК-4** - Способен анализировать и рассчитывать основные элементы конструкции и экспериментальным путем выбирать тип транспортно-технологических машин под конкретные задачи.

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

**Знать:**

- методы математического моделирования, применяемые в области расчета и исследования средств механизации и автоматизации подъёмно-транспортных, строительных и дорожных работ;
- методику составления математических моделей;
- основные методы, позволяющие обрабатывать результаты экспериментальных исследований приводов роботов и робототехнических систем.

**Уметь:**

- разрабатывать математические модели и оценивать их адекватность и точность;
- применять методы математического моделирования и готовые - математические модели для решения прикладных задач;
- использовать полученные знания при создании и модернизации сложных систем НТТК;
- использовать вычислительную технику и информационные технологии при решении задач компьютерного моделирования.

**Владеть:**

- навыками разработки математических моделей процессов и явлений средств механизации и автоматизации подъёмно-транспортных, строительных и дорожных работ;
- 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 12 з.е. (432 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	
		№3	№4
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	108	80	28
В том числе:			
Занятия лекционного типа	46	32	14
Занятия семинарского типа	62	48	14

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 324 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; - этапы математического моделирования.
2	Моделирование и подобие в научно-технических исследованиях. Рассматриваемые вопросы: - моделирование в современном мире; - математическое моделирование; - применение моделирования при исследованиях НТТК.
3	Общие подходы к построению моделей и классификация моделей. Рассматриваемые вопросы: - методы решения задач моделирования; - классификация моделей; - физические модели.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
4	<p>Методы математического программирования, используемые при исследовании НТТК.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- классификация методов математического программирования;</li> <li>- линейные и нелинейные модели;</li> <li>- модели в виде дифференциальных уравнений;</li> <li>- области применения различных методов математического программирования.</li> </ul>
5	<p>Основные задачи динамики механических систем и способы их решения.</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 и способы их решения.</li> </ul>
6	<p>Схемы механических систем и подготовка к построению математической модели МС.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- обозначения на эквивалентных схемах МС;</li> <li>- основные законы динамики;</li> <li>- приведение сил и моментов сил, масс и моментов инерции, приведение жесткостей.</li> </ul>
7	<p>Уравнения движения механических систем.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- составление уравнений движения жестких МС;</li> <li>- составление уравнений движения упругих МС;</li> <li>- составление уравнений движения МС с гибкими звеньями.</li> </ul>
8	<p>Динамические процессы ненагруженных механизмов, при нагружении и после разгона.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- уравнения движения для ненагруженных механизмов;</li> <li>- уравнения движения нагруженных механизмов;</li> <li>- составление уравнений движения при нагружении механизмов в процессе работы.</li> </ul>
9	<p>Структурные схемы электрических приводов.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определение момента инерции и электромеханической постоянной времени электродвигателя;</li> <li>- индуктивность обмоток машины постоянного тока и электромагнитная постоянная времени;</li> <li>- структурные схемы и передаточные функции электроприводов постоянного тока;</li> <li>- структурные схемы и передаточные функции электроприводов с асинхронными двигателями;</li> <li>- параметры и передаточные функции преобразователей в системах преобразователь-двигатель.</li> </ul>
10	<p>Модели для исследования динамики электромеханических систем.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Переходные процессы в электромеханических системах;</li> <li>- время пуска и торможения электропривода;</li> <li>- переходные процессы в приводах с двигателем постоянного тока;</li> <li>- переходные процессы в приводах с двигателями переменного тока.</li> </ul>
11	<p>Математические модели следящих систем.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- структурная схема и классификация следящих электроприводов;</li> <li>- математическая модель следящего привода;</li> <li>- методы исследования математической модели привода</li> <li>- частотные показатели качества;</li> <li>- анализ и построение желаемых ЛАЧХ и ФЧХ следящей системы.</li> </ul>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
12	<p>Следящий электропривод и его математическое описание.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- следящий электропривод постоянного тока непрерывного действия с электромашинным усилителем;</li> <li>- следящий электропривод постоянного тока релейного действия;</li> <li>- следящий электропривод переменного тока.</li> </ul>
13	<p>Математическая модель гидропривода с дроссельным регулированием скорости.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- обобщенная схема гидропривода дроссельного регулирования;</li> <li>- допущения, принимаемые при моделировании;</li> <li>- математические модели двигателя, дросселирующего распределителя;</li> <li>- учет потерь давления;</li> <li>- силы, действующие на привод.</li> </ul>
14	<p>Математическая модель гидропривода с объемным регулированием.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- обобщенная схема гидропривода объемного регулирования;</li> <li>- допущения, принимаемые при моделировании;</li> <li>- линеаризованная математическая модель.</li> </ul>
15	<p>Учет в математической модели гидравлического привода вида сигнала управления.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- гидропривод с позиционной СУ;</li> <li>- релейные гидроприводы;</li> <li>- гидроприводы с непрерывным управлением.</li> </ul>
16	<p>Исследование и выбор параметров электрогидравлических следящие системы.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- электрогидравлические следящие системы дроссельного регулирования;</li> <li>- электрогидравлические следящие системы объемного регулирования.</li> </ul>
17	<p>Математическая модель пневматического привода.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- схемы управления пневматическими приводами;</li> <li>- допущения, принимаемые при составлении модели;</li> <li>- вывод уравнений динамики пневмопривода.</li> </ul>
18	<p>Математические модели пневматических приводов различных типов.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- приводы двустороннего действия;</li> <li>- приводы одностороннего действия;</li> <li>- учет в модели теплообмена с окружающей средой.</li> </ul>
19	<p>Выбор параметров пневматических приводов на основе математического моделирования.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализ динамики и выбор параметров пневмопривода с остановом по упорам;</li> <li>- выбор параметров пневмопривода с позиционной системой управления.</li> </ul>
20	<p>Электропневматические следящие системы.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- электропневматические следящие системы;</li> <li>- линейная модель пневматического привода;</li> <li>- устойчивость и корректировка характеристик следящего пневмопривода.</li> </ul>

#### 4.2. Занятия семинарского типа.

## Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Исследование МС с жесткими звеньями. В результате выполнения лабораторной работы составляется модель жесткой механической системы и выполняется компьютерное моделирование поведения системы при различных параметрах МС.
2	Исследование МС с упругими звеньями. В результате выполнения лабораторной работы составляется модель механической системы и выполняется компьютерное моделирование ее поведения при различных параметрах МС.
3	Исследование МС с гибкими звеньями. В результате выполнения лабораторной работы составляется модель механической системы механизма подъема тельфера и выполняется компьютерное моделирование поведения системы при различных параметрах.
4	Уравнения движения механизмов. В результате выполнения лабораторной работы исследуется поведение МС при различных видах нагружения.
5	Структурные схемы и передаточные функции электроприводов постоянного тока. В результате выполнения лабораторной работы моделируют переходные процессы в приводе постоянного тока.
6	Структурные схемы и передаточные функции электроприводов постоянного тока. В результате выполнения лабораторной работы моделируют переходные процессы в приводе переменного тока.
7	Следящие электроприводы. В результате выполнения лабораторной работы моделируется работа следящего электропривода привода.

## Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Моделирование: основные понятия и определения. В результате выполнения практического задания рассматриваются основные понятия математического и компьютерного моделирования.
2	Применение моделирования при исследованиях НТТК. В результате выполнения практического задания рассматривается применение математического и компьютерного моделирования при разработке и исследовании НТТК.
3	Построение математических моделей. В результате выполнения практического задания рассматриваются принципы построения математических моделей.
4	Линейное программирование. В результате выполнения практического задания рассматриваются линейные задачи и особенности их решения.
5	Нелинейное программирование. В результате выполнения практического задания рассматриваются нелинейные задачи.
6	Исследование динамики механических систем. В результате выполнения практического задания рассматриваются задачи, решаемые при исследовании динамики МС.
7	Составление уравнений движения жестких МС. В результате выполнения практического задания рассматриваются составление модели для жесткой МС.
8	Составления уравнений движения упругих МС.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	В результате выполнения практического задания рассматриваются составление модели для МС с упругими связями.
9	Составление уравнений движения МС с гибкими звеньями. В результате выполнения практического задания рассматриваются составление модели для МС, в которые входят гибкие звенья.
10	Уравнения движения механизмов. В результате выполнения практического задания составляются модели при различных видах нагружения механизма.
11	Структурные схемы и передаточные функции электроприводов постоянного тока. В результате выполнения практического задания рассматриваются передаточные функции для элементов электропривода постоянного тока и структурная схема привода.
12	Структурные схемы и передаточные функции электроприводов переменного тока. В результате выполнения практического задания рассматриваются передаточные характеристики элементов привода переменного тока.
13	Математическая модель следящего привода. В результате выполнения практического занятия рассматривается математическая модель следящего электропривода.
14	Динамика гидропривода дроссельного регулирования. В результате выполнения практического задания рассматриваются уравнения, описывающие динамику гидравлического привода с дроссельным регулированием скорости.
15	Динамика гидропривода объемного регулирования. В результате выполнения практического задания рассматриваются передаточные функции элементов объемного гидропривода и исследование его динамики.
16	Следящие гидроприводы. В результате выполнения практического задания рассматриваются следящие гидроприводы.
17	Выбор параметров гидравлических приводов. В результате выполнения практического задания рассматривается методика выбора параметров гидропривода при различных способах регулирования.
18	Динамика пневматических приводов. В результате выполнения практического задания рассматриваются составление уравнений динамики для различных типов пневматических приводов.
19	Выбор параметров пневматических приводов. В результате выполнения практического задания рассматривается выбор параметров пневматических приводов при различных системах управления по результатам математического моделирования.

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

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

#### 4.4. Примерный перечень тем курсовых работ

1. Исследование динамики механической системы с упругими звеньями.
2. Исследование динамики механической системы с гибкими звеньями.
3. Исследования электромеханической системы постоянного тока.
4. Исследования электромеханической системы переменного тока.
5. Исследование следящего электропривода.

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Пашков, Е. В. Следящие приводы промышленного технологического оборудования : учебное пособие / Е. В. Пашков, В. А. Крамарь, А. А. Кабанов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 368 с.	<a href="https://e.lanbook.com/book/168799">https://e.lanbook.com/book/168799</a> — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Лозовецкий, В. В. Гидро- и пневмосистемы транспортно-технологических машин : учебное пособие / В. В. Лозовецкий. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 560 с.	<a href="https://e.lanbook.com/book/210929">https://e.lanbook.com/book/210929</a> — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Фролов, Ю. М. Проектирование электропривода промышленных механизмов : учебное пособие / Ю. М. Фролов, В. П. Шелякин. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 448 с.	<a href="https://e.lanbook.com/book/211517">https://e.lanbook.com/book/211517</a> — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4	Трифонова, Г. О. Гидропневмопривод: следящие системы приводов : учебное пособие для вузов / Г. О. Трифонова, О. И. Трифонова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 140 с.	<a href="https://urait.ru/bcode/542977">https://urait.ru/bcode/542977</a>
5	Терёхин, В. Б. Компьютерное моделирование систем электропривода в Simulink : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. Б. Терёхин, Ю. Н. Дементьев. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 306 с.	<a href="https://urait.ru/bcode/540939">https://urait.ru/bcode/540939</a>
6	Иванов, В. К. Моделирование мехатронных систем : учебное пособие / В. К. Иванов, В. Е. Макаров, К. Н. Никоноров ; под общей редакцией В. К. Иванова. — Йошкар-Ола : ПГТУ, 2021. — 122 с.	<a href="https://e.lanbook.com/book/188837">https://e.lanbook.com/book/188837</a>
7	Глотова, М. Ю. Математическая обработка информации : — Москва : Издательство Юрайт, 2018. — 347 с.	<a href="https://urait.ru/bcode/413002">https://urait.ru/bcode/413002</a>
8	Ковыршин, С. В. Моделирование гидро- и пневмопривода в средах FluidSim и Siemens Simatic STEP 7 : учебное пособие / С. В. Ковыршин, С. П.	<a href="https://e.lanbook.com/book/200135">https://e.lanbook.com/book/200135</a>

	Круглов, А. В. Лившиц. — Иркутск : ИрГУПС, 2020. — 92 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.	
9	Маликов, Р. Ф. Основы математического моделирования : учебное пособие для вузов / Р. Ф. Маликов. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 403 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-15279-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт	<a href="https://urait.ru/bcode/544601">https://urait.ru/bcode/544601</a>
10	Язев, В. А. Численные методы в Mathcad : учебное пособие для вузов / В. А. Язев, И. Лукьяненко, С.. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 116 с.	<a href="https://e.lanbook.com/book/200381">https://e.lanbook.com/book/200381</a>
11	Терёхин, В. Б. Компьютерное моделирование систем электропривода постоянного и переменного тока в Simulink : учебное пособие для вузов / В. Б. Терёхин, Ю. Н. Дементьев. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 306 с.	<a href="https://urait.ru/bcode/534789">https://urait.ru/bcode/534789</a>

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 [ibooks.ru](http://ibooks.ru) (<http://ibooks.ru/>).

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

Курсовая работа в 3 семестре.

Экзамен в 3, 4 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