

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 - программа магистратуры
по направлению подготовки
15.04.06 Мехатроника и робототехника,
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)
Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Моделирование режимов работы 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 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:

- изучение студентами-магистрантами основных положений о режимах работы при эксплуатации робототехнических комплексов;
- подготовка студентов-магистрантов к практическому использованию методов моделирования режимов работы, программирования микроконтроллерных устройств для обеспечения необходимых режимов и проектирования робототехнических комплексов при выполнении функциональных обязанностей в соответствии с квалификационной характеристикой.

Задачами дисциплины (модуля) являются:

- овладение навыками моделирования условий эксплуатации, программирования, проектирования робототехнических комплексов;
- формирование представлений у студентов о вариантах совершенствования моделирования и программирования с учетом режимов работы при эксплуатации робототехнических комплексов.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

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

ОПК-1 - Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности ;

ОПК-11 - Способен организовывать разработку и применение алгоритмов и современных цифровых программных методов расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем ;

ОПК-13 - Способен использовать основные положения, законы и методы естественных наук и математики при формировании моделей и методов исследования мехатронных и робототехнических систем;

ПК-1 - Способен составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем, включая исполнительные, информационно-сенсорные и управляющие модули, с применением методов формальной логики, методов конечных автоматов, сетей Петри, методов

искусственного интеллекта, нечеткой логики, генетических алгоритмов, искусственных нейронных и нейро-нечетких сетей;

ПК-2 - Способен использовать имеющиеся программные пакеты и, при необходимости, разрабатывать новое программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования;

ПК-3 - Способен разрабатывать экспериментальные макеты управляющих, информационных и исполнительных модулей мехатронных и робототехнических систем и проводить их исследование с применением современных информационных техно-логий;

ПК-5 - Способен разрабатывать методики проведения экспериментов и проводить эксперименты на действующих макетах и образцах мехатронных и робототехнических систем и их подсистем, обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств;

ПК-8 - Способен выполнять теоретические и экспериментальные исследования мехатронных и робототехнических систем с использованием современных информационно-измерительных устройств.

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

Знать:

знать основные режимы работы роботов и робототехнических систем;

знать математические методы описания различных режимов работы робототехнических систем;

знать принципы моделирования динамики роботов в различных режимах эксплуатации;

знать методы анализа энергетических характеристик роботов в разных режимах работы;

знать особенности моделирования переходных процессов в робототехнических системах;

знать методы оценки надежности и долговечности роботов при различных режимах эксплуатации;

знать принципы моделирования взаимодействия робота с окружающей средой и рабочими объектами;

знать современные программные комплексы для моделирования режимов работы робототехнических систем.

Уметь:

уметь разрабатывать математические модели для анализа различных режимов работы роботов;

уметь проводить компьютерное моделирование установившихся и переходных режимов работы робототехнических систем;

уметь анализировать энергопотребление роботов в различных режимах эксплуатации;

уметь оценивать динамические нагрузки на компоненты робота в переходных режимах;

уметь моделировать взаимодействие робота с внешними объектами и средой;

уметь анализировать температурные режимы работы приводов и систем управления;

уметь оптимизировать режимы работы роботов для повышения эффективности и надежности;

уметь проводить верификацию моделей режимов работы на основе экспериментальных данных.

Владеть:

владеть методами математического моделирования различных режимов работы робототехнических систем;

владеть навыками работы с программными комплексами для моделирования режимов работы роботов;

владеть методиками анализа динамических характеристик роботов в переходных режимах;

владеть методами оценки энергетической эффективности роботов в различных режимах эксплуатации;

владеть технологиями моделирования тепловых режимов работы компонентов робототехнических систем;

владеть методами оптимизации режимов работы для повышения производительности и надежности;

владеть навыками верификации и валидации моделей режимов работы роботов;

владеть современными подходами по созданию цифровых двойников для анализа режимов работы робототехнических систем.

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):	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 228 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	Эксплуатация промышленных роботов. Рассматриваемые вопросы: - Основные понятия об эксплуатации промышленных роботов; - Учет условий эксплуатации промышленных роботов при проектировании роботизированных комплексов.
2	Техническое обслуживание промышленных роботов. Рассматриваемые вопросы: - Система технического обслуживания и ремонта промышленных роботов; - Виды и объемы работ при проведении технического обслуживания промышленных роботов; - Виды и объемы работ при проведении ремонтов промышленных роботов.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
3	<p>Моделирование роботизированных комплексов.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Общие сведения о моделировании наземных транспортно-технологических машин на примере роботизированных комплексов; - Методы моделирования наземных транспортно-технологических машин на примере роботизированных комплексов.
4	<p>Программирование промышленных роботов на языке KRL.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Введение в языки программирования промышленных роботов; - Программирование промышленных роботов.
5	<p>Программирование ПЛК верхнего уровня.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Введение в теорию о программируемых контроллерах; - Программирование контроллеров; - Применение контроллеров для управления промышленным роботом.
6	<p>Связь ПЛК и системы управления KRC4.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Введение в систему управления KRC4; - Взаимодействие ПЛК и KRC4.
7	<p>Проектирование роботизированных комплексов.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Создание симуляции роботизированного комплекса; - Разработка оснастки для роботизированного комплекса.
8	<p>Моделирование комплексного проекта по роботизации.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Создание комплексного проекта по роботизации; - Подбор оборудования; - Проектирование оснастки; - Разработка схем и чертежей.
9	<p>Кинематика промышленных роботов.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Основные понятия кинематике промышленных роботов; - Расчет кинематики промышленных роботов.
10	<p>Динамика промышленных роботов.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Расчет динамики промышленных роботов; - Моделирование систем промышленных роботов с учетом динамики.
11	<p>Планирование траекторий.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Общие сведения планировании траектории; - Методы планирования траекторий.
12	<p>Моделирование роботов с помощью фреймворков.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Введение в языки программирования промышленных роботов; - Программирование промышленных роботов.
13	<p>Программирование ПЛК верхнего уровня.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Введение в теорию о программируемых контроллерах;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- Программирование контроллеров; - Применение контроллеров для управления промышленным роботом.
14	Связь ПЛК и системы управления KRC4. Рассматриваемые вопросы: - Введение в систему управления KRC4; - Взаимодействие ПЛК и KRC4.
15	Проектирование роботизированных комплексов. Рассматриваемые вопросы: - Создание симуляции роботизированного комплекса; - Разработка оснастки для роботизированного комплекса.
16	Моделирование комплексного проекта по роботизации. Рассматриваемые вопросы: - Создание комплексного проекта по роботизации; - Подбор оборудования; - Проектирование оснастки; - Разработка схем и чертежей.

4.2. Занятия семинарского типа.

Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Введение в разработку 3D-моделей. В результате выполнения лабораторной работы приобретаются навыки разработки 3D-моделей.
2	Технические требования к чертежам. В результате выполнения лабораторной работы приобретаются навыки в оформлении чертежей по ЕСКД.
3	Основные принципы построения примитивов. В результате выполнения лабораторной работы приобретаются навыки в основах построения базовых элементов.
4	Операция выдавливания. Вырезать выдавливанием. Операция вращения. Вырезать вращением. В результате выполнения лабораторной работы приобретаются навыки при использовании основных инструментов моделирования.
5	Элемент по траектории. Вырезать по траектории. Элемент по сечениям. В результате выполнения лабораторной работы приобретаются навыки при использовании основных инструментов моделирования.
6	Массивы. В результате выполнения лабораторной работы приобретаются навыки при использовании массивов для упрощения моделирования.
7	Сборка. В результате выполнения лабораторной работы приобретаются навыки в создании сборок.
8	Формирование чертежа. В результате выполнения лабораторной работы приобретаются навыки в создании чертежей.
9	Сборка сложных узлов роботов. В результате выполнения лабораторной работы приобретаются навыки в сборке сложных узлов.

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
10	Проектирование звена робота. В результате выполнения лабораторной работы приобретаются навыки в проектировании звена робота.
11	Расчет звена робота. В результате выполнения лабораторной работы приобретаются навыки в проведении прочностного расчета звена робота.
12	Сборка звеньев робота с анимацией. В результате выполнения лабораторной работы приобретаются навыки в создании анимации сборок.
13	Подготовка модели для импорта в среду моделирования, работающей под ROS. В результате выполнения лабораторной работы приобретаются навыки в создании настроек для импорта модели.
14	Разработка сцены роботизированной ячейки. В результате выполнения лабораторной работы приобретаются навыки в размещении элементов роботизированной ячейки для исключения коллизий.
15	Написание программы для робота в роботизированной ячейки. В результате выполнения лабораторной работы приобретаются навыки в генерации программы и редактировании.
16	Отладка программы для робота в роботизированной ячейки. В результате выполнения лабораторной работы приобретаются навыки в отладке программы.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Программирование на KFD/KRL. Программирование движений рабочего органа. В результате выполнения практического задания рассматриваются команды для создания траекторий перемещения рабочего органа промышленного робота.
2	Программирование на KFD/KRL. Условный оператор и оператор множественного выбора. В результате выполнения практического задания рассматриваются команды для создания программ с элементами выбора управляющих воздействий на основе определенных условий.
3	Программирование на KFD/KRL. Циклы и ожидания. В результате выполнения практического задания рассматриваются команды для формирования циклов и задержки времени для формирования повторяющихся действий.
4	Программирование на KFD/KRL. Входы и выходы системы управления KRC4. В результате выполнения практического задания рассматриваются команды для управления выходными сигналами, управляющими нагрузкой (распределитель, частотный преобразователь), на основе состояний входных сигналов от датчиков и кнопок.
5	Программирование на KFD/KRL. Подпрограммы, функции и прерывания. В результате выполнения практического задания рассматриваются команды для создания функций и прерываний, необходимые для организации сложных программ на основе деления ее на отдельные блоки кода.
6	Программирование на KFD/KRL. Сообщения, таймеры, флаги. В результате выполнения практического задания рассматриваются команды для формирования сообщений обратной связи, флагов - для хранения и изменения состояний логических сигналов, таймеров - для создания генераторов импульсов.
7	Программирование ПЛК. Реверсивный счетчик и детектор фронтов. В результате выполнения практического задания рассматриваются принцип работы и практическое применение реверсивного счетчика и детектора фронтов при программировании ПЛК.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
8	Программирование ПЛК. Генератор периодических импульсов. В результате выполнения практического задания рассматриваются принцип работы и практическое применение генератора периодических импульсов при программировании ПЛК.
9	Программирование ПЛК. Сравнение ST, CFC, FBD. В результате выполнения практического задания рассматривается сравнение языков программирования ST, CFC, FBD на примере написания программы для реализации автоматического управления.
10	Программирование ПЛК. Программное управление конвейерной системой на основе структуры приложения. В результате выполнения практического задания рассматривается концепция структуры приложения при написании программы для реализации автоматического управления конвейерной системой.
11	Программирование ПЛК. Визуализация программы. В результате выполнения практического задания рассматривается способ отладки программ на основе использования визуализации с учетом привязки графических элементов мнемосхемы к переменным программы.
12	Программирование ПЛК. ПИД-регулятор. В результате выполнения практического задания рассматриваются принцип работы и практическое применение ПИД-регулятора при программировании ПЛК.
13	Проектирование электрических схем роботизированных комплексов. В результате выполнения практического задания рассматриваются принцип разработки электрических схем цепи безопасности роботизированных комплексов.
14	Проектирование печатной платы электронного устройства роботизированного комплекса. В результате выполнения практического задания рассматриваются принцип разработки печатной платы электронного устройства для работы в составе роботизированного комплекса.
15	Проектирование пневматических схем роботизированных комплексов. В результате выполнения практического задания рассматриваются принцип разработки пневматических схем для управления захватными устройствами промышленных роботов.
16	Программирование ПЛК. Программное управление конвейерной системой на основе структуры приложения. В результате выполнения практического задания рассматривается концепция структуры приложения при написании программы для реализации автоматического управления конвейерной системой.

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 конвейерной линией»

Вариант 4 «Разработка программного управления технологическим процессом»

Вариант 5 «Разработка программного управления следящей системы»

Вариант 6 «Разработка программного управления насосами»

Вариант 7 «Разработка программного управления установкой для получения жидкости»

Вариант 8 «Разработка программного управления бетономешалкой»

Вариант 9 «Разработка программного управления подъемником»

Вариант 10 «Разработка программного управления роботизированной тележки с бункером»

Вариант 11 «Разработка программного управления экскаватором-драглайном»

Вариант 12 «Разработка программного управления гидравлическим одноковшовым экскаватором»

Вариант 13 «Разработка программного управления эскалатора»

Вариант 14 «Разработка программного управления мостового крана»

Вариант 15 «Разработка программного управления вилочного электропогрузчика»

Вариант 16 «Разработка программного управления рольгангом»

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-	URL: https://e.lanbook.com/book/212213

Петербург : Лань, 2022. — 288 с. — ISBN 978-5-8114-1886-2.	(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.miiit.ru/>).

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

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

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

Электронно-библиотечная система 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:

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
«Наземные транспортно-
технологические средства»

А.В. Мишин

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

А.Н. Неклюдов

Согласовано:

Заведующий кафедрой НТТС

А.Н. Неклюдов

Председатель учебно-методической
комиссии

С.В. Володин