

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)

Проектирование мехатронных устройств и роботов

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: 610876
Подписал: заведующий кафедрой Григорьев Павел
Александрович
Дата: 01.06.2025

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целями освоения дисциплины (модуля) являются:

- изучение структуры, принципов функционирования мехатронных устройств и роботов;
- изучение основ расчета и проектирования мехатронных устройств и роботов;
- знакомство студентов с конструктивными особенностями мехатронных устройств и роботов.

Задачами дисциплины (модуля) являются:

- изучение основных понятий мехатронных устройств и роботов;
- освоение теории мехатронных устройств и роботов;
- овладение методами расчета и проектирования мехатронных устройств и роботов;
- развитие умений по рациональному выбору элементов мехатронных устройств и роботов;
- формирование навыков решения задач при проектировании мехатронных устройств и роботов;
- формирование представлений у студентов о путях развития и совершенствования мехатронных устройств и роботов.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

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

ОПК-11 - Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые программные методы 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-12 - Способен участвовать в монтаже, наладке, настройке и сдаче в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей;

ПК-1 - Способен осуществлять разработку конструкторской документации на специализированное оборудование мехатронных и робототехнических систем.

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

Владеть:

- методами монтажа и наладки мехатронных и робототехнических систем;
- навыками чтения схем приводов промышленных роботов и расчёта их параметров, выбора типа привода с требуемыми выходными характеристиками, выбора оборудования промышленных роботов.
- навыками осформления конструкторской документации мехатронных и робототехнических систем.

Знать:

- алгоритмы и современные методы расчетов и проектирования мехатронных и робототехнических систем;
- способы монтажа, наладки, настройки образцов мехатронных и робототехнических систем;
- способы разработки конструкторской документации мехатронных и робототехнических систем.

Уметь:

- разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые методы расчетов и проектирования устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем;
- осуществлять монтаж, наладку, настройку мехатронных и робототехнических систем;
- осуществлять разработку конструкторской документации мехатронных и робототехнических систем.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 7 з.е. (252 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):	144	64	80
В том числе:			
Занятия лекционного типа	64	32	32
Занятия семинарского типа	80	32	48

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 108 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	Этапы конструирования роботов Рассматриваемые вопросы: - техническое задание; - техническое предложение; - эскизный проект; - технический проект; - рабочая документация.
2	Характеристики роботов Рассматриваемые вопросы: - геометрические характеристики; - точностные характеристики; - кинематические характеристики; - технические характеристики.
3	Конструкции роботов Рассматриваемые вопросы: - конструкции 6-осевых роботов; - конструкции 4-х осевых роботов.
4	Кинематика роботов. Матричное представление роботов Рассматриваемые вопросы: - системы координат;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> - матрицы элементарных поворотов; - прямая задача кинематики; - обратная задача кинематики.
5	<p>Кинематика роботов. Преобразования Денавита-Хартенберга</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - однородные координаты - однородные матрицы.
6	<p>Кинематика роботов. Углы Эйлера и кватернион</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - системы углов Эйлера; - матрица поворота и кватернион.
7	<p>Кинематика роботов. Матрица Якоби</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - прямая задача кинематики скоростей; - обратная задача кинематики скоростей.
8	<p>Динамика роботов. Уравнение Лагранжа 2-рода</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - принцип Даламбера; - уравнение Лагранжа 2-го рода.
9	<p>Динамика роботов. Уравнение Ньютона-Эйлера</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - уравнение Ньютона; - уравнение Эйлера; - уравнения движения Ньютона-Эйлера.
10	<p>Электропривод роботов. Синхронный электропривод</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - устройство; - характеристики.
11	<p>Тормозные устройства роботов</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - механические тормозные устройства; - электромагнитные тормозные устройства; - устройства фиксации.
12	<p>Электропривод роботов. Сервоусилитель</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - виды управления; - выбор и подключение преобразователя частоты/сервоусилителя.
13	<p>Электропривод роботов. Бесколлекторный электропривод постоянного тока</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - устройство; - характеристики.
14	<p>Электропривод роботов. Шаговый электропривод</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - устройство; - характеристики.
15	<p>Протоколы и интерфейсы</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - виды протоколов; - виды интерфейсов.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
16	<p>Информационные устройства роботов</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - устройство силомоментного датчика; - устройство резольвера; - устройство энкодера.
17	<p>Компоновки роботизированных ячеек</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - виды компоновочных схем.
18	<p>Преобразователи движения в приводах роботов. Винтовая передача скольжения и шарико-винтовая передача</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - устройство; - расчет.
19	<p>Преобразователи движения в приводах роботов. Реечная передача</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - устройство; - расчет.
20	<p>Преобразователи движения в приводах роботов. Волновая передача</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - устройство; - расчет.
21	<p>Преобразователи движения в приводах роботов. Планетарная передача</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - устройство; - расчет.
22	<p>Расчет на прочность при статическом нагружении</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - нагрузки на звенья робота; - методы расчета на прочность.
23	<p>Расчет на выносливость</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - статистическая теория подобия усталостного разрушения; - расчет на выносливость при регулярном переменном нагружении; - расчет на выносливость при нерегулярном переменном нагружении.
24	<p>Расчет на жесткость</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - расчет звеньев робота на жесткость; - податливость преобразователей движения.
25	<p>Захватные устройства роботов</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - виды; - технические характеристики; - расчет.
26	<p>Погрешности обобщенных координат</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - расчет погрешности.
27	<p>Кинематическая погрешность и мертвый ход</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - кинематическая погрешность и мертвый ход преобразователей движения.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
28	Погрешность установки робота Рассматриваемые вопросы: - расчет погрешности.
29	Погрешность позиционирования робота Рассматриваемые вопросы: - расчет погрешности.
30	Расчет направляющих Рассматриваемые вопросы: - виды направляющих - расчет направляющих на долговечность.
31	Люфтобыирающие механизмы Рассматриваемые вопросы: - выборка мертвого хода в винтовых механизмах; - выборка мертвого хода в зубчатых механизмах.
32	Расчет надежности Рассматриваемые вопросы: - характеристики надежности; - надежность в период нормальной эксплуатации; - надежность в период постепенных отказов; - резервирование.

4.2. Занятия семинарского типа.

Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Проектирование и моделирование робота, работающего в прямоугольной системе координат В результате выполнения задания лабораторной работы рассматриваются вопросы, связанные с проектированием и моделирование робота.
2	Проектирование и моделирование робота, работающего в цилиндрической системе координат В результате выполнения задания лабораторной работы рассматриваются вопросы, связанные с проектированием и моделирование робота.
3	Проектирование и моделирование робота, работающего в сферической системе координат В результате выполнения задания лабораторной работы рассматриваются вопросы, связанные с проектированием и моделирование робота.
4	Проектирование и моделирование робота, работающего в ангулярной системе координат В результате выполнения задания лабораторной работы рассматриваются вопросы, связанные с проектированием и моделирование робота.
5	Проектирование и моделирование SCARA робота В результате выполнения задания лабораторной работы рассматриваются вопросы, связанные с проектированием и моделирование робота.

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
6	Проектирование и моделирование дельта-робота В результате выполнения задания лабораторной работы рассматриваются вопросы, связанные с проектированием и моделирование робота.
7	Проектирование и моделирование сварочного робота В результате выполнения задания лабораторной работы рассматриваются вопросы, связанные с проектированием и моделирование робота.
8	Проектирование и моделирование робота-пalletайзера В результате выполнения задания лабораторной работы рассматриваются вопросы, связанные с проектированием и моделирование робота.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Разработка технического предложения для роботизированной ячейки В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с удовлетворением требований технического задания.
2	Расчет мощности электроприводов В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом мощности двигателей на основе заданных параметров звеньев.
3	Расчет прямой задачи кинематики В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом прямой задачи кинематики на языке программирования Python.
4	Описание манипулятора робота с помощью преобразования Денавита-Хартенберга В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с составлением итоговой однородной матрицы на языке программирования Python.
5	Описание ориентации рабочего органа робота с помощью кватерниона В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с вычислением кватерниона по матрице поворота.
6	Описание кинематики скоростей манипулятора робота с помощью матрицы Якоби В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с решением прямой и обратной задачами кинематики скоростей.
7	Моделирование динамики робота В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с моделированием динамики на основе уравнения Лагранжа 2-го рода.
8	Определение центра масс манипулятора робота В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с определением центра масс манипулятора робота.
9	Определение момента сопротивления привода В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с проектным и проверочным расчетами момента сопротивления привода.
10	Выбор электродвигателя привода В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом параметров для выбора электродвигателя.
11	Выбор синхронного электропривода В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом параметров редуктора и двигателя по заданным нагрузкам.
12	Расчет параметров дискового тормоза В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом параметров дискового тормоза.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
13	Выбор передаточного отношения привода В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом передаточного отношения для приводов при незначительных и значительных динамических нагрузок.
14	Выбор сервоусилителя для синхронного электропривода В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом параметров сервоусилителя.
15	Выбор вентильного электропривода В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом параметров редуктора и двигателя по заданным нагрузкам.
16	Выбор шагового электропривода В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом параметров редуктора и двигателя по заданным нагрузкам.
17	Создание планировочного решения роботизированной ячейки В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с выбором робота, рациональным расположения оборудования, проверкой досягаемости, исключением сингулярных положений робота.
18	Расчет винтовой передачи скольжения для захватного устройства В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом параметров винтовой передачи скольжения.
19	Расчет шарико-винтовой передачи для линейного мехатронного модуля В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом параметров шарико-винтовой передачи.
20	Расчет реечной передачи для захватного устройства В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом параметров реечной передачи.
21	Проектирование пьедестала для робота В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с проектированием пьедестала.
22	Проектирование звена робота В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с проектированием звена.
23	Проектирование оснастки для робота В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с проектированием оснастки.
24	Расчет звена робота на прочность при статическом нагружении В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные со статическим расчетом звена робота.
25	Расчет звена робота на жесткость В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом звена робота на жесткость.
26	Расчет звена робота на выносливость В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом звена робота на выносливость.
27	Расчет механического захватного устройства В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом параметров захватного устройства.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
28	Расчет кинематической погрешности и мертвого хода винтовой передачи скольжения В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом кинематической погрешности и мертвого хода.
29	Расчет кинематической погрешности и мертвого хода шарико-винтовой передачи В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом кинематической погрешности и мертвого хода.
30	Расчет кинематической погрешности и мертвого хода зубчатой передачи В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с кинематической погрешности и мертвого хода.
31	Расчет LM-направляющих В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом направляющих.
32	Расчет шарикосплайновых направляющих В результате выполнения задания практической работы рассматриваются вопросы, связанные с расчетом направляющих.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Изучение электронных материалов курса и учебной литературы.
2	Текущая подготовка к лабораторным работам.
3	Изучение дополнительной литературы.
4	Выполнение курсового проекта.
5	Подготовка к промежуточной аттестации.
6	Подготовка к текущему контролю.

4.4. Примерный перечень тем курсовых проектов

В рамках курсового проекта выполняется расчет приводов мехатронных устройств/промышленных роботов в соответствии с параметрами, указанными в задании.

При выполнении выполняется:

- обзор существующих электрических приводов и схем управления ими с составлением кинематической, расчетной, принципиальной электрической схем привода;
- расчет параметров механической и электрической части привода;
- выбор основных элементов.

Темы:

1. Проектирование одноосевого позиционера

2. Проектирование двухосевого позиционера
3. Проектирование промышленного робота по схеме 3R
4. Проектирование промышленного робота по схеме RRP
5. Проектирование промышленного робота по схеме 6R
5. Проектирование мехатронного устройства с реечной передачей
6. Проектирование мехатронного устройства с шарико-винтовой передачей
7. Проектирование механического захватного устройства по вариантам
8. Проектирование магнитного захватного устройства;
9. Проектирование вакуумного захватного устройства;
10. Проектирование мехатронного устройства с волновой и планетарной передачей

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Климов, А. С. Роботизированные технологические комплексы и автоматические линии в сварке : учебное пособие для вузов / А. С. Климов, Н. Е. Машнин. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 236 с. — ISBN 978-5-8114-6792-1.	URL: https://e.lanbook.com/book/152449 (дата обращения: 21.04.2023). - Текст: электронный.
2	Авцинов, И. А. Основы организационно-технологического управления роботизированными комплексами. Лабораторный практикум : учебное пособие / И. А. Авцинов, В. К. Битюков ; под редакцией И. А. Хаустова. — Воронеж : ВГУИТ, 2022. — 178 с. — ISBN 978-5-00032-570-4	URL: https://e.lanbook.com/book/254504 (дата обращения: 21.04.2023). - Текст: электронный.
3	Фурсенко, С. Н. Автоматизация технологических процессов : учебное пособие / С. Н. Фурсенко, Е. С. Якубовская, Е. С. Волкова. — Минск : Новое знание, 2014. — 376 с. — ISBN 978-985-475-712-4.	URL: https://e.lanbook.com/book/64774 (дата обращения: 21.04.2023). - Текст: электронный.
4	Автоматизация технологических процессов : учебник / П. В. Шарупич, С. В. Шарупич, Т. С. Шарупич [и др.] ; под редакцией В. П. Шарупича. — Орел : Патент. Град-Риц, [б. г.]. — Том 1 — 2010. — 252 с.	URL: https://e.lanbook.com/book/103005 (дата обращения: 21.04.2023). - Текст: электронный.
5	Жежера, Н. И. Микропроцессорные системы автоматизации технологических процессов : учебное пособие / Н. И. Жежера. — 2-е изд. —	URL: https://e.lanbook.com/book/148324 (дата обращения: 21.04.2023). - Текст: электронный.

	Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. — 240 с. — ISBN 978-5-9729-0517-1.	
--	--	--

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/>)
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 Лань (<http://e.lanbook.com/>)
Электронно-библиотечная система ibooks.ru (<http://ibooks.ru/>)

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

RoboDK; Компас-3D.

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

1. Рабочее место преподавателя с персональным компьютером, подключённым к сети INTERNET.
2. Программное обеспечение для создания электрических схем.
3. Специализированная лекционная аудитория с мультимедиа аппаратурой.
4. Специализированная аудитория для выполнения практических и лабораторных работ.

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 6 семестре.

Курсовой проект в 7 семестре.

Экзамен в 7 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

Согласовано:

Заведующий кафедрой НТТС

П.А. Григорьев

Председатель учебно-методической
комиссии

С.В. Володин