

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
15.04.06 Мехатроника и робототехника,
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)
Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Теоретические основы конструирования механических узлов

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

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целями освоения дисциплины (модуля) являются:

- приобретение новых знаний и формирование умения и навыков, необходимых для проектирования и расчета механических узлов роботов;
- классификация и изучение типовых конструкций механических узлов роботов, основ их проектирования и стадий разработки;
- силовой и кинематический расчет привода, механизмов преобразования движения, методов конструирования, обеспечения надежности и кинематической точности механизмов, узлов и деталей.

Задачами дисциплины (модуля) являются:

- изучение общих принципов расчета и приобретение навыков конструирования, обеспечивающих рациональный выбор форм, материалов, размеров и способов изготовления механических узлов роботов;
- разработка вариантов возможного принципиального решения по структуре, функционированию и конструкции механических узлов роботов;
- приобретение навыков конструирования, обеспечивающих рациональный выбор форм, материалов, размеров и способов изготовления типовых механических узлов роботов;
- освоение методов расчета на прочность механических узлов роботов;
- разработка проектной и рабочей конструкторской документации по составным частям механизмов.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

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

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-4 - Способен осуществлять анализ научно-технической информации, обобщать отечественный и зарубежный опыт в области мехатроники и робототехники, средств автоматизации и управления, проводить патентный поиск;

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-9 - Способен осуществлять разработку конструкторской документации на оборудование мехатронных и робототехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием современных средств автоматизации проектирования.

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

Знать:

- основные элементы и детали роботов и способы их соединения, методы расчета передач, подшипников, муфт, пружин, болтов, винтов, сварных соединений и резьбовых соединений;

- методы проектирования механических узлов роботов;

- требования работоспособности и виды отказов механических узлов роботов;

- нормативные документы по стадиям разработки, методам и способам расчета и проектирования механических узлов роботов;

- основные этапы и последовательность кинематического расчета механизмов и привода;

- конструкции деталей и узлов роботов, их свойства и их области применения.

Уметь:

- применять типовые методы расчета передач, пружин, болтов, винтов, сварных и резьбовых соединений;

- обоснованно выбирать параметры типовых передаточных механизмов к конкретным роботам;

- проектировать узлы роботов общего назначения в соответствии с техническим заданием;

- учитывать при проектировании требования прочности, надежности, технологичности, экономичности, стандартизации и унификации, охраны труда и промышленной эстетики;

- применять нормативные документы по стадиям разработки, методам и способам расчета и проектирования механических узлов роботов;

- составлять кинематические схемы механизмов робота, типовые кинематические схемы передаточных механизмов, силовые и кинематические параметры приводов;

- проводить кинематический расчет и проводить расчет параметров привода;

- подбирать передаточные механизмы к конкретным узлам роботов, определять параметры передаточных механизмов.

Владеть:

- навыками обоснованного выбора параметров типовых передаточных механизмов к конкретным роботам;

- типовыми методами расчета передач, пружин, болтов, винтов, сварных и резьбовых соединений;

- навыками применения требований прочности, надежности, технологичности, экономичности, стандартизации и унификации, охраны труда, промышленной эстетики;

- технологиями разработки конструкторской документации и нормативно-технических документов с использованием компьютерных технологий;

- навыками применения нормативных документов по стадиям разработки, методам и способам расчета и проектирования деталей, соединений, передаточных механизмов и отдельных механических узлов роботов.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 15 з.е. (540 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	
		№1	№2
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	112	64	48
В том числе:			
Занятия лекционного типа	48	32	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 428 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	<p>Основные задачи курса</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определения: деталь, сборочная единица; - классификация механических узлов роботов по назначению: передачи, валы и оси, подшипники и направляющие, соединения, муфты, пружины, уплотнения, корпусные детали и т.п; - основные принципы конструирования механических узлов роботов; - пути повышения надежности; - основные требования к материалам деталей и пути их обеспечения при конструировании.
2	<p>Главные критерии работоспособности механических узлов роботов</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - прочность, жесткость, вибростойкость, износостойкость, тепло(холодо) стойкость; - типовые режимы нагружения; - модели разрушений деталей и критерии их расчета: статическая и малоцикловая прочность, сопротивление усталости, ползучесть; - особенности расчета по этим критериям при статических и переменных нагрузках; - учет динамических нагрузок; - коэффициент динамичности.
3	<p>Зубчатые передачи</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> - конструкции зубчатых колес; - классификация зубчатых передач; - материалы; - термическая, химико-термическая обработки и др. виды упрочнений; - причины и дефекты зубчатых передач, критерии работоспособности, - цилиндрические зубчатые передачи с прямыми зубьями; - силы в зацеплениях; - формула Герца.
4	<p>Червячные передачи</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - классификация; - передачи с цилиндрическим червяком; - геометрические параметры передач; - кинематика и КПД передач; - расчеты зубьев на контактную прочность и на изгиб; - расчет червяка на прочность и жесткость; - расчет на сопротивление изнашиванию и заедание зубьев.
5	<p>Валы и оси 1</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - классификация валов и осей; - конструкции и материалы; - требования к валам; - нагрузки на валы и расчетные схемы; - расчет на прочность.
6	<p>Валы и оси 2</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - учет переменного режима нагружения; - расчет на жесткость; - крутильные и изгибные колебания валов; - расчет колебаний; - критическая скорость вращения валов; - гибкие валы; - силы действующие на валы.
7	<p>Подшипники качения</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - общие сведения; - конструкция, классификация; - обозначение; - критерии работоспособности; - контактные напряжения в подшипнике; - распределение нагрузки между телами качения; - потери на трение и кинематика подшипников.
8	<p>Подшипники скольжения</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - подшипники скольжения; - область применения; - особенности работы подшипников скольжения; - режимы работы подшипника скольжения при смазывании жидкостью; - основные параметры подшипников; - критерии работоспособности и расчета; - распределение давления в смазочном слое;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> - выбор зазоров в подшипниках; - расчет подшипников, работающих в условиях граничного и полужидкостного трения.
9	<p>Муфты для соединения валов</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - классификация муфт; - виды расцентровок валов; - компенсирующая способность муфт и дополнительные нагрузки на детали; - постоянные муфты; - глухие, упругие и компенсирующие; - конструкции и расчет; - сцепные управляемые муфты; - жесткие сцепные муфты: кулачковые и зубчатые; - форма зубьев; - включение и выключение муфт; - расчет зубьев.
10	<p>Механические передачи</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - классификация передач: передачи трением и зацеплением, ступенчатые, бесступенчатые, линейные, вращательные; - кинематические и энергетические соотношения для механических передач; - передачи винт-гайка; - передачи с трением скольжения; - области применения; - силы, действующие в передаче; - КПД и явление самоторможения.
11	<p>Ременные передачи 1</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные характеристики; - области применения; - разновидности ременных передач; - основные типы и материалы ремней; - упругое скольжение и кинематика передачи; - силы и напряжения в ремне, быстроходность передачи; - тяговая способность и КПД передач; - критерии работоспособности передач.
12	<p>Ременные передачи 2</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - уравнение Эйлера; - расчет ременных передач по полезному напряжению, обеспечивающему тяговую способность и требуемый ресурс; - сила начального натяжения и способы натяжения ремней; - силы, действующие на валы от ременной передачи; - зубчато-ременные передачи; - области применения; - определение параметров и расчет; - передачи с поликлиновыми ремнями.
13	<p>Вариаторы</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - вариаторы: лобовые, конусные, многодисковые, шаровые и торовые; - кинематика передач; - точность передаточного отношения;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> - сила прижатия тел качения; - расчет катков по контактным напряжениям; - определение размеров тел качения и их профилей; - цепные вариаторы; - клиновые вариаторы.
14	<p>Соединения деталей механических узлов роботов 1</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - классификация разъемных и неразъемных соединений; - соединения стержней, листов и корпусных деталей, соединения типа вал-ступица, соединения валов, соединения труб; - соединения разъемные (резьбовые, шпоночные, зубчатые, штифтовые, клеммовые, профильные) и неразъемные: (сварные, паяные, клеевые, с натягом, заклепочные); - паяные соединения, припой.
15	<p>Соединения деталей механических узлов роботов 2</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методы пайки; - достоинства и области применения паяных соединений; - конструирование и прочность паяных соединений; - клеевые соединения в роботостроении; - вид клеев; - расчет на прочность.
16	<p>Резьбовые соединения 1</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - классификация; - резьба и ее элементы; - классификация резьб по назначению: крепежные резьбы, крепежно-уплотняющие резьбы, резьбы грузовых и ходовых (трансмиссионных) винтов; - классификация резьб по форме.
17	<p>Резьбовые соединения 2</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные параметры резьб: диаметры, шаг, ход, угол профиля; - стандартизация резьб; - КПД резьбы и условие самоторможения; - крепежные детали и типы соединений: болтом, винтом, шпилькой; - материалы крепежных деталей.
18	<p>Соединения деталей с натягом</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - классификация; - области их применения; - несущая способность при нагружении осевой силой, крутящим и изгибающим моментом; - расчет потребного натяга; - прочность сопрягаемых деталей; - расчетные и технологические натяги; - вероятностный расчет прочности сцепления; - технология сборки: запрессовка, соединение за счет температурных деформаций; - потребные нагрев или охлаждение соединяемых деталей; - расчет на прочность.
19	<p>Шлицевые соединения</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - области применения; - прямобочные соединения;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- способы центрирования; - расчет на прочность.
20	Упругие элементы Рассматриваемые вопросы: - классификация; - материалы; - цилиндрические винтовые пружины растяжения и сжатия, конструкция и расчет; - тарельчатые пружины; - рессоры; - торсионы; - мембраны и сильфоны.
21	Выбор рациональной конструктивно-силовой схемы Рассматриваемые вопросы: - равнопрочность и выравнивание напряжений; - уменьшение концентрации напряжений; - снижение динамической составляющей нагрузки; - снижение материалоемкости, уменьшение габаритов; - обеспечение жесткости в местах ограничения перемещений; - применение усилений, оробрений и перегородок; - повышение контактной жесткости; - базирование и фиксация деталей; - способы центрирования; - обеспечение взаимозаменяемости.

4.2. Занятия семинарского типа.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Виды нагрузок, действующих на детали машин 1 В результате выполнения практического задания студенты изучают основные требования к механическим узлам роботов: функциональные, эксплуатационные, производственно-технологические, экономические.
2	Виды нагрузок, действующих на детали машин 2 В результате выполнения практического задания студенты изучают основные принципы конструирования деталей механических узлов роботов и передаточные механизмы.
3	Виды нагрузок, действующих на детали машин 3 В результате выполнения практического задания студенты изучают основные и вспомогательные параметры передаточных механизмов и основные характеристики кинематической структуры машин и механизмов.
4	Материалы и допускаемые напряжения деталей передачи В результате выполнения практического задания студенты проводят расчет червячной передачи, тепловой расчет червячной передачи и конструкции червячного редуктора.
5	Расчет подшипников на динамическую и статическую грузоподъемность В результате выполнения практического задания студенты учатся конструировать типовые подшипниковые узлы, кассетные и металлокерамические подшипники качения.
6	Расчет радиальных подшипников скольжения при условии жидкостного трения с учетом рассеяния зазоров 1

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	В результате выполнения практического задания студенты исследуют системы смазки и конструкции подшипников скольжения.
7	Расчет радиальных подшипников скольжения при условии жидкостного трения с учетом рассеяния зазоров 2 В результате выполнения практического задания студенты исследуют гидростатические и гидродинамические подшипники.
8	Расчет радиальных подшипников скольжения при условии жидкостного трения с учетом рассеяния зазоров 3 В результате выполнения практического задания студенты исследуют газостатические и газодинамические подшипники, магнитные подшипники.
9	Планетарные передачи 1 В результате выполнения практического задания студенты исследуют основные схемы, передаточные отношения и силы, действующие в передаче.
10	Планетарные передачи 2 В результате выполнения практического задания студенты исследуют особенности расчета, волновые передачи и кинематику и геометрию зацепления.
11	Планетарные передачи 3 В результате выполнения практического задания студенты исследуют конструкцию фрикционных и зубчатых волновых передач, кинематические характеристики.
12	Планетарные передачи 4 В результате выполнения практического задания студенты проводят расчет элементов передачи на прочность, выбирают материалы и рассчитывают допускаемые напряжения.
13	Фрикционные передачи 1 В результате выполнения практического задания студенты изучают классификацию и области применения.
14	Фрикционные передачи 2 В результате выполнения практического задания студенты исследуют геометрическое и упругое скольжение, буксование.
15	Фрикционные передачи 3 В результате выполнения практического задания студенты исследуют передачи с постоянным передаточным отношением, цилиндрические и конические, постоянно работающие, выключаемые и включаемые.
16	Силы и моменты в резьбовом соединении при его затяжке 1 В результате выполнения практического задания студенты исследуют стопорение резьбовых деталей и распределение нагрузки между витками резьбы.
17	Силы и моменты в резьбовом соединении при его затяжке 2 В результате выполнения практического задания студенты исследуют концентрацию напряжений и прочность витков резьбы.
18	Силы и моменты в резьбовом соединении при его затяжке 3 В результате выполнения практического задания студенты исследуют шпоночные соединения и стандарты на шпоночные соединения.
19	Штифтовые соединения 1 В результате выполнения практического задания студенты изучают соединения цилиндрическими и коническими штифтами и области применения.
20	Штифтовые соединения 2 В результате выполнения практического задания студенты исследуют клеммовые соединения и области применения клеммовых соединений и их роль в современном роботостроении.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
21	Штифтовые соединения 3 В результате выполнения практического задания студенты проводят расчеты для случая нагружения соединения: а) крутящим моментом, б) осевой силой, в) изгибающим моментом.
22	Повышение износостойкости 1 В результате выполнения практического задания студенты исследуют герметизацию пар трения и организации смазывания.
23	Повышение износостойкости 2 В результате выполнения практического задания студенты исследуют основные правила конструирования деталей, получаемых литьем, сваркой, обработкой давлением.
24	Повышение износостойкости 3 В результате выполнения практического задания студенты исследуют особенности конструирования деталей из неметаллических и композиционных материалов.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Текущая подготовка к практическим занятиям.
2	Изучение дополнительных источников научно-технической информации.
3	Выполнение курсового проекта.
4	Подготовка к промежуточной аттестации.
5	Подготовка к текущему контролю.

4.4. Примерный перечень тем курсовых проектов

1. Разработка механической части привода продольного перемещения суппорта
2. Разработка механической части привода поступательного перемещения стола станка
3. Разработка механической части привода вращения шпинделя
4. Разработка механической части привода вертикального перемещения стола станка
5. Разработка механической части мехатронного модуля со встроенным электродвигателем
6. Разработка механической части мехатронного модуля с шарико-винтовой передачей
7. Разработка механической части мехатронного модуля с поступательным движением выходного звена
8. Разработка механической части мехатронного модуля поступательного движения на базе двигателя постоянного тока
9. Разработка механической части мехатронного модуля с уравнивающим устройством

10. Разработка механической части мехатронного модуля для мобильного робота

1. Конструктивная проработка и топологическая оптимизация привода продольного перемещения суппорта

2. Конструктивная проработка и топологическая оптимизация привода поступательного перемещения стола станка

3. Конструктивная проработка и топологическая оптимизация привода вращения шпинделя

4. Конструктивная проработка и топологическая оптимизация привода вертикального перемещения стола станка

5. Конструктивная проработка и топологическая оптимизация мехатронного модуля со встроенным электродвигателем

6. Конструктивная проработка и топологическая оптимизация мехатронного модуля с шарико-винтовой передачей

7. Конструктивная проработка и топологическая оптимизация мехатронного модуля с поступательным движением выходного звена

8. Конструктивная проработка и топологическая оптимизация мехатронного модуля поступательного движения на базе двигателя постоянного тока

9. Конструктивная проработка и топологическая оптимизация мехатронного модуля с уравнивающим устройством

10. Конструктивная проработка и топологическая оптимизация мехатронного модуля для мобильного робота

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Лукинов, А. П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств: учебное пособие для вузов / А. П. Лукинов. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2024. – 608 с. – ISBN 978-5-507-47616-9.	https://e.lanbook.com/book/396581 (дата обращения: 30.05.2024). – Текст: электронный.
2	Белевский, Л. С. Детали мехатронных модулей, роботов и их конструирование: учебное пособие / Л. С. Белевский, В. Р. Гасияров. – Челябинск: ЮУрГУ, 2019. – 105 с. – ISBN 978-5-696-05046-1.	https://e.lanbook.com/book/323894 (дата обращения: 30.05.2024). – Текст: электронный.
3	Бейкгал, Д. Конструируем роботов от А до Я. Полное руководство для начинающих: руководство / Д. Бейкгал. – 2-е изд. – Москва:	https://e.lanbook.com/book/221693 (дата обращения: 30.05.2024). – 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/>).

Общие информационные, справочные и поисковые системы «Консультант Плюс», «Гарант».

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

Электронная библиотека УМЦ по образованию на железнодорожном транспорте (<https://umczdt.ru/books/>).

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.

MatLab Simulink.

Autodesk AutoCad.

Компас 3D.

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

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные компьютерной техникой и наборами демонстрационного оборудования.

9. Форма промежуточной аттестации:

Курсовой проект в 1, 2 семестрах.

Экзамен в 1, 2 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»

А.Н. Неклюдов

Согласовано:

Заведующий кафедрой НТТС

П.А. Григорьев

Председатель учебно-методической
комиссии

С.В. Володин