



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭиАС
В.Р. Храмшин
04.02.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

МЕХАНИКА И ДИНАМИКА МАНИПУЛЯТОРОВ

Направление подготовки (специальность)
15.04.06 Мехатроника и робототехника

Направленность (профиль/специализация) программы
Искусственный интеллект в робототехнике

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Автоматизированного электропривода и мехатроники
Курс	1
Семестр	1

Магнитогорск
2025 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника (приказ Минобрнауки России от 14.08.2020 г. № 1023)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и мехатроники 27.01.2025, протокол № 3

Зав. кафедрой  А.А. Николаев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС 04.02.2025 г. протокол № 3

Председатель  В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры АЭПиМ, канд. техн. наук  С.А. Линьков

Рецензент:

зам. начальника ЦЭТЛ ПАО "ММК" по электроприводу, канд. техн. наук  А.Ю. Юдин



Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.А. Николаев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.А. Николаев

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью дисциплины является изучение принципов проектирования роботов и робототехнических систем. В рамках дисциплины у студентов формируются базовые знания основных понятий и методов решения задач механики роботов.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Механика и динамика манипуляторов входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Дисциплина Механика и динамика манипуляторов входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Системы автоматизированного проектирования

Монтаж и наладка мехатронных и робототехнических систем

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Механика и динамика манипуляторов» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-4	Способен производить расчеты и проектирование отдельных устройств робототехнических систем с использованием современных теоретических и экспериментальных методов разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием
ПК-4.1	Знает: основные законы кинематики и динамики твёрдого тела, основы теоретической механики и высшей математики; современные теоретические экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием; современные методы математического расчета отдельных устройств робототехнических систем; методы проведения экспериментальных исследований на математических моделях исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием; принципы моделирования, классификацию способов представления моделей систем; достоинства и недостатки различных способов представления моделей систем; приемы, методы, способы формализации объектов, процессов, явлений и реализации их в виде цифровых математических моделей
ПК-4.2	Умеет: моделировать положение каждого узла робототехнической системы во времени, в зависимости от задания. Решать прямые и обратные задачи кинематики и динамики; производить расчеты и проектирование отдельных устройств робототехнических систем с использованием современных теоретических и экспериментальных методов разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием; применять современные методы математического расчета отдельных устройств робототехнических систем; применять

	методы экспериментальных исследований на математических моделях исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием.; представить модель в математическом и алгоритмическом виде; оценить качество модели; применять программные средства для качественного и количественного анализа явлений и процессов с помощью компьютерного моделирования
ПК-4.3	Имеет практический опыт: подбора оборудования для робототехнических систем, в том числе приборов осязания, на основании технического задания; применения современных методов математического расчетов отдельных устройств робототехнических систем; применения методов экспериментальных исследований на математических моделях исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием; построения математических моделей по опытным данным; построения аналитических моделей; навыками компьютерного моделирования систем и процессов

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц 216 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 64 акад. часов;
- аудиторная – 64 акад. часов;
- внеаудиторная – 0 акад. часов;
- самостоятельная работа – 107 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 45 акад. час

Форма аттестации - экзамен, курсовая работа

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Основные понятия и классификация робототехнических систем								
1.1 Основные понятия, классификация робототехнических систем, области применения.	1	2		2	7,4	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
1.2 Структура манипуляционных систем. Классификация кинематических пар.		2			7,4	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-4.1, ПК-4.3
Итого по разделу		4		2	14,8			
2. Основы кинематики и динамики роботов								
2.1 Постановка прямой и обратной задачи кинематики и динамики. Особенности роботов с последовательной кинематикой.	1	2		2	7,4	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-4.1, ПК-4.3
2.2 Преобразование координат в манипуляционных системах		2		2	7,4	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-4.1, ПК-4.3
2.3 Определение взаимного положения последовательно соединённых звеньев манипуляционных систем		2		2	7,4	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-4.1, ПК-4.3
2.4 Решение прямой задачи кинематики манипуляционных систем		4		4	7,4	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-4.1, ПК-4.3
2.5 Определение абсолютных скоростей точек звеньев		2		4	7,4			ПК-4.1, ПК-4.3

2.6 Обратная задача кинематики манипуляционных систем с последовательной кинематикой	1	2		2	7,4	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-4.1, ПК-4.3
2.7 Исследование динамики манипуляционных систем с последовательной кинематикой		2		2	7,4	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-4.1, ПК-4.3
2.8 Кинематика манипуляционных роботов с параллельной структурой		2		2	7,4	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-4.1, ПК-4.3
Итого по разделу		18		20	59,2			
3. Робототехнические комплексы (РТК)								
3.1 Робототехнические комплексы: назначение, состав и классификация	1	2		2	7,4	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-4.1, ПК-4.3
3.2 Компонировка РТК. Траектории схвата манипулятора.		2		2	7,4	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-4.1, ПК-4.3
3.3 Несколько роботов в составе РТК		2		2	7,4	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-4.1, ПК-4.3
3.4 Общие требования к РТК и его компонентам		2		2	7,4	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-4.1, ПК-4.3
3.5 Планирование траекторий схвата манипулятора робота в составе РТК на основе сплайн-функций.		2		2	3,4	Изучение вопросов теории по литературе	устный опрос (собеседование)	ПК-4.1, ПК-4.3
Итого по разделу		10		10	33			
4. Контроль								
4.1 Экзамен	1					Подготовка к экзамену, проведение консультаций	Экзамен	ПК-4.1, ПК-4.3
Итого по разделу								
Итого за семестр		32		32	107		экзамен, кр	
Итого по дисциплине		32		32	107		экзамен, курсовая работа	

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Механика и динамика манипуляторов» используются традиционная и модульно - компетентностная технологии. Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу происходит с использованием мультимедийного оборудования. Лекции проходят в традиционной форме и в форме лекций-консультаций. На лекциях – консультациях изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы. Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе подготовки домашних заданий, при решении задач на практических занятиях, при подготовке к контрольным работам и итоговой аттестации.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Лесков, А. Г. Кинематика и динамика исполнительных механизмов манипуляционных роботов : учебное пособие / А. Г. Лесков, К. В. Бажинова, Е. В. Селиверстова. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. — 104 с. — ISBN 978-5-7038-4752-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/103405> (дата обращения: 19.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Булгаков, А. Г. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление : монография / А. Г. Булгаков, В. А. Воробьев. - Москва : СОЛОН-Пресс, 2020. - 484 с. - (Серия «Библиотека инженера»). - ISBN 978-5-91359-296-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1858795> (дата обращения: 19.05.2023). — Режим доступа: по подписке.

2. Киселев, М. М. Робототехника в примерах и задачах: курс программирования механизмов и роботов : учебное пособие / М. М. Киселев. - 2-е изд., испр. - Москва : СОЛОН-Пресс, 2019. - 136 с. - ISBN 978-5-91359-326-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1227725> (дата обращения: 19.05.2023). — Режим доступа: по подписке.

в) Методические указания:

1. Неклюдов, А. Н. Кинематика управления манипулятором. Исследование динамики двухстепенного манипулятора : учебно-методическое пособие / А. Н. Неклюдов, И. В. Трошко, М. Ю. Чалова. — Москва : РУТ (МИИТ), 2019. — 43 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/175767> (дата обращения: 19.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа (123М, 227М, 023М):

- мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.
- комплекс тестовых заданий для проведения промежуточных и рубежных контролей.

Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (227а, 023М, 139М):

- мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.
- комплекс тестовых заданий для проведения промежуточных и рубежных контролей.

Помещения для самостоятельной работы (227а, 139М):

- персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования:

- шкафы для хранения учебно-методической документации, учебного оборудования и учебно-наглядных пособий.

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Лекционная аудитория № 123, 227, 023	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации
Аудитория для практических занятий № 227а, 023	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Аудитории для самостоятельной работы: компьютерные классы (ауд. 227а, 023); читальные залы библиотеки	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

Приложение 1 «Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся»

По дисциплине «Механика и динамика манипуляторов» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная контрольная работа представляет решение контрольных задач на практических занятиях.

Примерные аудиторные контрольные работы (АКР):

Контрольная работа 1. Решение прямой и обратной задачи кинематики двухзвенного робота манипулятора с последовательной кинематикой

Типовое задание

Часть 1: Привести решение прямой задачи кинематики для двухзвенного робота.

Часть 2: Привести решение обратной задачи кинематики для двухзвенного робота.

Контрольная работа 2. Решение прямой и обратной задачи динамики двухзвенного робота манипулятора с последовательной кинематикой

Типовое задание

Часть 1: Привести решение прямой задачи динамики для двухзвенного робота.

Часть 2: Привести решение обратной задачи динамики для двухзвенного робота.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов осуществляется в виде чтения с проработкой материала, подготовкой и написанием курсовой работы (КР).

Примерное задание и содержание на курсовую работу:

Тема: Разработка математической модели робота манипулятора

Содержание:

Введение

1. Структурный анализ робота

1.1 Описание и технические характеристики робота

1.2 Степени подвижности и класс механизма

1.3 Описание и технические характеристики робота

2. Кинематический анализ и силовой расчет

3. Решение прямой и обратной задачи кинематики

3.1 Решение прямой задачи кинематики

3.2 Решение обратной задачи кинематики

Заключение

Список используемой литературы

В рамках выполнения курсовой работы по дисциплине «Механика и динамика манипуляторов» необходимо сдать следующие практические задания:

Примерные практические задания:

Практическая работа №1. Разработка кинематической схемы робота манипулятора с последовательной кинематикой

Типовое задание

Для заданной вариантной модели робота манипулятора

Шести-осевой робот манипулятор KUKA KR6

Разработать кинематическую схему.

На кинематической схеме необходимо обозначить все системы координат и направления осей, а также основные параметры, необходимые

Практическая работа №2. Решение прямой и обратной задачи кинематики робота манипулятора с последовательной кинематикой

Типовое задание

Для заданной вариантной модели робота манипулятора

Шести-осевой робот манипулятор KUKA KR6

сформулировать и решить прямую и обратную задачу кинематики.

Практическая работа №3. Решение прямой и обратной задачи динамики робота манипулятора с последовательной кинематикой

Типовое задание

Для заданной вариант модели робота манипулятора

Шести-осевой робот манипулятор KUKA KR6

сформулировать и решить прямую и обратную задачи динамики.

Практическая работа №4. Робототехнический комплекс с несколькими роботами манипуляторами

Типовое задание

Разработать схему и алгоритм работы робототехнического комплекса, в котором используется не менее двух роботов манипуляторов, согласно технологическому процессу заданному вариантом:

Сортировка вторсырья двух типов по конвейерам

Описать траекторию схватов всех роботов.

Практическая работа оформляется в текстовом документе, согласно методическим указаниям кафедры!

Отчёт должен содержать в себе кинематическую схему робота, постановку задач и полное их решение с использованием математического аппарата.

В рамках выполнения курсовой работы разрешено пользоваться программно-вычислительными средствами Mathcad, MatlabSimulink, пакетом MS Office любой версии. Оформление курсовой работы проводить в соответствии с СМК-О-СМГТУ-42-09

Приложение 2 «Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации»

А) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ПК-4 Способен производить расчеты и проектирование отдельных устройств робототехнических систем с использованием современных теоретических и экспериментальных методов разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием		
ПК-4.1	Знает: основные законы кинематики и динамики твёрдого тела, основы теоретической механики и высшей математики; современные теоретические экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием; современные методы математического расчета отдельных устройств робототехнических систем; методы проведения экспериментальных исследований на математических моделях исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием; принципы моделирования, классификацию способов представления моделей систем; достоинства и недостатки различных способов представления моделей систем; приемы, методы, способы формализации объектов, процессов, явлений и реализации их в виде цифровых математических моделей	1. Что включает в себя определение мехатроники, как области науки и техники? 2. Дайте определение и характеристику мехатронным модулям различных поколений. 3. Какие государственные документы РФ направлены на развитие робототехники, как отрасли науки и производства? 4. Приведите основные функциональные блоки робототехнического комплекса! 5. Приведите функциональную схему мобильного робота. 6. Что такое интерфейс? 7. Что такое сенсор? 8. Что такое последовательные и параллельные порты? 9. Какие функции выполняют адаптеры? 10. Для чего предназначены аппаратные драйверы? 11. Каково назначение датчиков в мехатронных системах? 12. Какие типы механизмов обеспечивают передвижение мехатронных устройств? 13. Какие устройства применяются в выходных механических звеньях мехатронных и робототехнических

		комплексов? 14. Какие процессы сочетает в себе термин
ПК-4.2	Умеет: моделировать положение каждого узла робототехнической системы во времени, в зависимости от задания. Решать прямые и обратные задачи кинематики и динамики; производить расчеты и проектирование отдельных устройств робототехнических систем с использованием современных теоретических и экспериментальных методов разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием; применять современные методы математического расчета отдельных устройств робототехнических систем; применять методы экспериментальных исследований на математических моделях исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием.; представить модель в математическом и алгоритмическом виде; оценить качество модели;	1. Покажите кинематическую структуру манипулятора, совершающего вращательное движение. 2. Приведите примеры реализации универсальных двухпальцевых захватных устройств. 3. Как реализуется клиновое захватное устройство? 4. Приведите примеры безнасосных и насосных вакуумных захватных устройств. 5. Поясните принцип работы магнитных захватных устройств. 6. Приведите кинематическую схему

	применять программные средства для качественного и количественного анализа явлений и процессов с помощью компьютерного моделирования	
ПК-4.3	Имеет практический опыт: подбора оборудования для робототехнических систем, в том числе приборов оцувствления, на основании технического задания; применения современных методов математического расчетов отдельных устройств робототехнических систем; применения методов экспериментальных исследований на математических моделях исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием; построения математических моделей по опытным данным; построения аналитических моделей; навыками компьютерного моделирования систем и процессов	1. Перечислите основные технические преимущества двигателей «Максон» 2. Каковы особенности конструкции якоря двигателя «Максон»? 3. Особенности реализации узлов коммутации двигателя «Максон» 4. Особенности конструкции и принципа работы бесколлекторных двигателей постоянного тока «Максон»

Б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания.

Изучение учебной дисциплины «Механика и динамика манипуляторов» длится 1 семестр, завершается экзаменом и сдачей курсовой работы.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

— на оценку «**отлично**» (5 баллов) — обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

— на оценку **«хорошо»** (4 балла) — обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые нестандартные ситуации.

— на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) — обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями к умениями при их переносе на новые ситуации.

— на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) — обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

— на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) — обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач

Показатели и критерии оценивания курсовой работы:

— на оценку **«отлично»** (5 баллов) — работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

— на оценку **«хорошо»** (4 балла) — работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

— на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) — работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

— на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) — задание преподавателя выполнено частично, в процессе защиты работы обучающийся допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

— на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) — задание преподавателя выполнено частично обучающийся не может воспроизвести и объяснить содержание, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.