



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)

АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТАМИ-МАНИПУЛЯТОРАМИ

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	2

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 формирование новых знаний и представлений в области построения и принципиальных основ систем управления и алгоритмов работы роботами-манипуляторами. Основные задачи дисциплины: 1.

Ознакомление

студентов с основными алгоритмами и базовыми понятиями систем управления робототехнических систем, как многомерных и связанных систем. 2. Обучение студентов выполнению анализа работы и синтеза различных алгоритмов и

систем

управления робототехнических систем.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Алгоритмы управления роботами-манипуляторами входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Программирование роботов-манипуляторов

Аппаратное обеспечение робототехнических систем

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

Подготовка к защите и процедура защиты выпускной квалификационной работы

Интеллектуальные системы управления в мехатронике и робототехнике

Интеграция робототехнических комплексов в технологический процесс

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) «Алгоритмы управления роботами-манипуляторами» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-1	Способен выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления в робототехнических системах; ставить задачи автоматизации проектирования и автоматического управления в робототехнике
ПК-1.1	Знает: методы проектирования и настройки робототехнических систем на базе регулируемого электропривода переменного тока; методы проектирования и настройки робототехнических систем на базе регулируемого электропривода постоянного тока; методы решения задач автоматического управления и автоматизированного проектирования в робототехнических системах; особенности моделирования многомерных и связанных систем. Построение матричных моделей преобразования координат; отличия дискретного циклового программного управления от дискретного позиционного программного управления роботами; непрерывное программное управления роботами; адаптивные и интеллектуальные системы управления роботами
ПК-1.2	Умеет: ставить и решать задачи проектирования автоматического управления робототехнических систем на базе регулируемого электропривода переменного тока; ставить и решать задачи

	проектирования автоматического управления робототехнических систем на базе регулируемого электропривода постоянного тока; формулировать задачи автоматизации проектирования программно-аппаратных средств робототехнических систем и комплексов; строить и моделировать многомерные матричные модели в среде имитационного моделирования; объяснять основные положения управления многомерной и связанной технической системой, строить кинематические схемы, составлять матрицы переходов прямых и обратных преобразований координат
ПК-1.3	Имеет практический опыт: наладки гибких производственных робототехнических систем в машиностроении на базе регулируемого электропривода переменного тока; наладки гибких производственных робототехнических систем в машиностроении на базе регулируемого электропривода постоянного тока; разработки алгоритмов решения задач автоматического управления и автоматизации проектирования в робототехнических системах; моделирования и расчета систем управления роботами-манипуляторами, расчета систем управления, регуляторов сложной многомерной и связанной технической системы
ПК-8 Способен исследовать применение интеллектуальных систем для различных предметных областей	
ПК-8.1	Исследует направления применения систем искусственного интеллекта для различных предметных областей Знает: направления развития систем искусственного интеллекта, методы декомпозиции решаемых задач с использованием искусственного интеллекта. Умеет: осуществлять декомпозицию решаемых задач с использованием искусственного интеллекта
ПК-8.2	Выбирает комплексы методов и инструментальных средств искусственного интеллекта для решения задач в зависимости от особенностей предметной области Знает: методы и инструментальные средства систем искусственного интеллекта, критерии их выбора и методы комплексирования в рамках применения интегрированных гибридных интеллектуальных систем различного назначения. Умеет: выбирать и комплексно применять методы и инструментальные средства систем искусственного интеллекта, критерии их выбора. Имеет практический опыт: исследования направлений применения систем искусственного интеллекта для различных предметных областей; выбора комплексов методов и инструментальных средств искусственного интеллекта для решения задач в зависимости от особенностей предметной области

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 – 116 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 36 акад. час

Форма аттестации - экзамен

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. Введение. Основные этапы развития систем управления робототехники								
1.1 Введение. Основные этапы развития систем управления робототехники.	2	2			2	Изучение учебной и научной литературы	Устный опрос	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-8.1, ПК-8.2
Итого по разделу		2			2			
2. Устройство, состав и структура построения систем управления роботов								
2.1 Устройство роботов: состав, параметры и классификация по назначению, по управлению. по техническим показателям. Манипуляционные системы. Рабочие органы манипуляторов. Системы передвижения мобильных роботов. Сенсорные системы.	2	2			2	Изучение учебной и научной литературы	Устный опрос	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-8.2
2.2 Практическая работа №1. Знакомство с устройством роботов. Расчет их кинематических цепей и числа степеней подвижности.				4	4	Подготовка к практическому занятию	Защита практической работы	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-8.2
2.3 Лабораторная работа № 1 "Знакомство с роботом-манипулятором. Перемещение робота вручную и переключение			4		4	Подготовка к лабораторной работе	Защита лабораторной работы	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-8.2

режимов работы"								
Итого по разделу		2	4	4	10			
3. Основные типы приводов роботов, а также особенности управления ими.								
3.1 Приводы роботов. Классификация приводов. Пневматические, гидравлические и электрические привода как объекты управления	2	2			2	Изучение учебной и научной литературы	Устный опрос	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-8.2
3.2 Приводы роботов. Рекуперация энергии в приводах. Микроприводы.		2			2	Изучение учебной и научной литературы	Устный опрос	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-8.2
3.3 Практическая работа №2. Расчет приводного устройства роботоманипулятора				4	4	Подготовка к практическому занятию	Защита практической работы	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-8.2
3.4 Практическая работа №3. Моделирование приводного устройства роботоманипулятора в среде MATLAB-SIMULINK				4	4	Подготовка к практическому занятию	Защита практической работы	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-8.2
3.5 Лабораторная работа № 2 "Изучение скоростных характеристик приводов на реальном роботоманипуляторе KUKA"			4		4	Подготовка к лабораторной работе	Защита лабораторной работы	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-8.2
Итого по разделу		4	4	8	16			
4. Математическое описание роботов.								
4.1 Математическое описание роботов. Основные принципы организации движения роботов. Математическое описание манипуляторов и их механической системы.	2	2			2	Изучение учебной и научной литературы	Устный опрос	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-8.2
4.2 Математическое описание манипуляторов. Взаимное влияние степеней подвижности манипуляторов. Учет упругости звеньев манипуляторов.		2			2	Изучение учебной и научной литературы	Устный опрос	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-8.2
4.3 Математическое описание приводов. Компьютерное моделирование робототехнических систем.		2			2	Изучение учебной и научной литературы	Устный опрос	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-8.2
4.4 Практическая работа №4. Матричное описание прямого преобразования координат				4	4	Подготовка к практическому занятию	Защита практической работы	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-8.2
4.5 Практическая работа №5. Матричное описание				4	4	Подготовка к практическому занятию	Защита практической работы	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3,

обратного преобразования координат						занятию	работы	ПК-8.2
4.6 Лабораторная работа № 3 "Исследование матричной модели робота в среде MATLAB-SIMULINK"	2		4		4	Подготовка к лабораторной работе	Защита лабораторной работы	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-8.2
Итого по разделу		6	4	8	18			
5. Основы управления роботами и алгоритмы их работы								
5.1 Основы управления роботами. Дискретное позиционное программное управление роботами. Непрерывное программное управление роботами. Адаптивное и интеллектуальное управление роботами. Аппаратура управления роботов.	2	2			2	Изучение учебной и научной литературы	Устный опрос	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-8.2
5.2 Практическая работа №6. Расчет циклового управления отдельным приводом.				4	4	Подготовка к практическому занятию	Защита практической работы	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-8.2
5.3 Практическая работа №7. Расчет дискретного позиционного управления				4	4	Подготовка к практическому занятию	Защита практической работы	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-8.2
5.4 Практическая работа №8. Расчет непрерывного управления приводом робота с последовательной коррекцией				4	4	Подготовка к практическому занятию	Защита практической работы	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-8.2
5.5 Лабораторная работа № 4 "Исследование позиционной системы управления осью робота-манипулятора в среде MATLAB-SIMULINK"			4		4	Подготовка к лабораторной работе	Защита лабораторной работы	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-8.2
Итого по разделу		2	4	12	18			
6. Экзамен								
6.1 Экзамен	2				52	Подготовка к экзамену	Экзамен	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-8.2
Итого по разделу					52			
Итого за семестр		16	16	32	116		экзамен	
Итого по дисциплине		16	16	32	116		экзамен	

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Алгоритмы управления роботами-манипуляторами» 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. Иванов, А. А. Основы робототехники : учебное пособие / А.А. Иванов. — 2-е изд., испр. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 223 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-014622-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1815965> (дата обращения: 12.04.2023). – Режим доступа: по подписке.
2. Копылов, Ю. Р. Основы компьютерных цифровых технологий машиностроения : учебник / Ю. Р. Копылов. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 496 с. — ISBN 978-5-8114-3913-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/207086> (дата обращения: 12.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Лебедев, С. К. Кинематика и динамика электромехатронных систем в робототехнике : учебное пособие / С. К. Лебедев, А. Р. Колганов. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. - 352 с. - ISBN 978-5-9729-0689-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1831994> (дата обращения: 12.04.2023). – Режим доступа: по подписке.
2. Веретехина, С. В. Модели, методы, алгоритмы и программные решения вычислительных машин, комплексов и систем : учебник / С.В. Веретехина, В.Л. Симонов, О.Л. Мнацаканян. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 306 с. : ил. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-016656-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1210403> (дата обращения: 12.04.2023). – 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: 12.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Крамаренко, Н. В. Алгоритмы управления движениями точки и робота-манипулятора : учебное пособие / Н. В. Крамаренко, А. А. Рыков. — Новосибирск : НГТУ, 2016. — 87 с. — ISBN 978-5-7782-2977-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118104> (дата обращения: 12.04.2023). — 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
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://host.megaprolib.net/MP0109/Web

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.

Приложение 1. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов осуществляется в виде чтения с проработкой материала с консультациями преподавателя и оформления выполненных лабораторных работ, с проработкой основных вопросов к практическим занятиям и лабораторным работам.

Перечень лабораторных работ по дисциплине:

Лабораторная работа № 1 "Знакомство с роботом-манипулятором. Перемещение робота вручную и переключение режимов работы"

1. Назовите количество осей робота манипулятора? Что означает степень свободы?
2. Как регулировать скорость перемещения робота по осям в ручном режиме?
3. Как изменять режимы работы робота?
4. Назовите основные цели режимов T1 и T2 ?
5. Назовите расположение осей 1 и 3, 5 и 6 ?

Лабораторная работа № 2 "Изучение скоростных характеристик приводов на реальном роботе-манипуляторе KUKA"

1. Поясните понятие система координат робота-манипулятора.
2. Как задавать скоростные ограничения каждой оси?
3. Как выводить скорость в программе WorkVisual?
4. Какова точность позиционирования каждой оси и зависит ли она от скорости?
5. Как регулируется скорость по каждой оси, какой тип регулятора используется и почему?

Лабораторная работа № 3 "Исследование матричной модели робота в среде MATLAB-SIMULINK"

1. Назовите основные принципы и алгоритмы преобразования координат.
2. Какие существуют методы реализации прямого и обратного преобразования координат.
3. Назовите преимущества и недостатки матричного подхода к реализации систем управления промышленных роботов.
4. Поясните как работает вид движения CIRC, как осуществляется его программирование в SmartPad.
5. Что означает Spline перемещение в SmartPad.

Лабораторная работа № 4 "Исследование позиционной системы управления осью робота-манипулятора в среде MATLAB-SIMULINK"

1. Каковы основные задачи позиционного управления роботом-манипулятором?
2. Возможно ли применение интеллектуальной системы управления реального времени при позиционной системе?
3. Какой тип регулятора можно применять в позиционной СУ?
4. Поясните суть позиционной системы, ее преимущества и недостатки?
5. Как можно ограничивать координаты регулятора положения?

Перечень практических заданий по дисциплине:

Практическая работа №1. Знакомство с устройством роботов. Расчет их кинематических цепей и числа степеней подвижности.

1. Какие существуют методы расчета и построения системы управления роботами-манипуляторами?
2. Алгоритмы преобразования координат
3. Преобразования вращения и переноса

4. Построение кинематической схемы робота, их варианты. Расставление углов.
5. Основные типы шарниров, ориентация системы координат.

Практическая работа №2. Расчет приводного устройства робота-манипулятора

1. Какие основные типы двигателей могут использоваться для привода звеньев робота?
2. Какие основные преимущества электрических двигателей по сравнению с другими?
3. Когда наиболее целесообразно применять гидродвигатели?
4. Зависит ли рациональный выбор типа приводного двигателя от степени свободы робота?
5. Как ограничивают момент каждой оси робота?

Практическая работа №3. Моделирование приводного устройства робота-манипулятора в среде MATLAB-SIMULINK

1. Охарактеризуйте каждый элемент библиотеки в матлабе по моделированию робототехнических устройств.
2. Нужно ли владеть языком программирования для правильного моделирования роботов в матлабе?
3. Как выполнить однородные преобразования координат в матлабе применительно к роботам?
4. Как в матлабе задать положение и ориентацию звеньев манипулятора?
5. Какие специальные системы координат можно применять в матлабе?

Практическая работа №4. Матричное описание прямого преобразования координат

1. Поясните смысл прямой позиционной задачи?
2. Объясните в чем суть геометрии рабочего пространства манипулятора?
3. Какие существуют методы прямого преобразования координат?
4. Расскажите особенности алгоритма для реализации прямого преобразования координат?
5. Численные методы решения прямой задачи

Практическая работа №5. Матричное описание обратного преобразования координат

1. Поясните смысл обратной позиционной задачи?
2. Объясните в чем суть ориентации схвата в рабочем пространстве манипулятора? Как оно описывается?
3. Какие существуют методы обратного преобразования координат?
4. Расскажите особенности алгоритма для реализации обратного преобразования координат?
5. Численные методы решения обратной задачи

Практическая работа №6. Расчет циклового управления отдельным приводом.

1. Виды управлений в роботах. Преимущества и недостатки каждого?
2. Применимость циклового управления.
3. Особенности моделирование циклового управления
4. Применяется ли цикловое управления к 6-ти осевым роботам-манипулятором?
5. Какова точность циклового управления?

Практическая работа №7. Расчет дискретного позиционного управления

1. Поясните смысл дискретного позиционного управления?
2. Преимущества и недостатки дискретного позиционного управления?
3. Точность дискретного позиционного управления?
4. Область применения дискретного позиционного управления

5. Особенности моделирования дискретного позиционного управления
Практическая работа №8. Расчет непрерывного управления приводом робота с последовательной коррекцией

1. Поясните смысл непрерывного управления приводом робота с последовательной коррекцией?
2. Преимущества и недостатки непрерывного управления приводом робота с последовательной коррекцией?
3. Точность непрерывного управления приводом робота с последовательной коррекцией?
4. Область применения непрерывного управления приводом робота с последовательной коррекцией
5. Особенности моделирования непрерывного управления приводом робота с последовательной коррекцией

Вопросы для самостоятельной проработки:

6. Поясните понятие система координат робота-манипулятора.
7. Как задавать скоростные ограничения каждой оси?
8. Как выводить скорость в программе WorkVisual?
9. Какова точность позиционирования каждой оси и зависит ли она от скорости?
10. Как регулируется скорость по каждой оси, какой тип регулятора используется и почему?
6. Назовите количество осей робота манипулятора? Что означает степень свободы?
7. Как регулировать скорость перемещения робота по осям в ручном режиме?
8. Как изменять режимы работы робота?
9. Назовите основные цели режимов T1 и T2 ?
10. Назовите расположение осей 1 и 3, 5 и 6 ?
11. Назовите основные принципы и алгоритмы преобразования координат.
12. Какие существуют методы реализации прямого и обратного преобразования координат.
13. Назовите преимущества и недостатки матричного подхода к реализации систем управления промышленных роботов.
14. Поясните как работает вид движения CIRC, как осуществляется его программирование в SmartPad.
15. Что означает Spline перемещение в SmartPad.
16. Каковы основные задачи позиционного управления роботом-манипулятором?
17. Возможно ли применение интеллектуальной системы управления реального времени при позиционной системе?
18. Какой тип регулятора можно применять в позиционной СУ?
19. Поясните суть позиционной системы, ее преимущества и недостатки?
20. Как можно ограничивать координаты регулятора положения?
21. Какие существуют методы расчета и построения системы управления роботами-манипуляторами?
22. Алгоритмы преобразования координат
23. Преобразования вращения и переноса
24. Построение кинематической схемы робота, их варианты. Расставление углов.
25. Основные типы шарниров, ориентация системы координат.
26. Какие основные типы двигателей могут использоваться для привода звеньев робота?
27. Какие основные преимущества электрических двигателей по сравнению с другими?
28. Когда наиболее целесообразно применять гидродвигатели?
29. Зависит ли рациональный выбор типа приводного двигателя от степени свободы робота?

30. Как ограничивают момент каждой оси робота?
31. Охарактеризуйте каждый элемент библиотеки в матлабе по моделированию робототехнических устройств.
32. Нужно ли владеть языком программирования для правильно моделирования роботов в матлабе?
33. Как выполнить однородные преобразования координат в матлабе применительно к роботам?
34. Как в матлабе задать положение и ориентацию звеньев манипулятора?
35. Какие специальные системы координат можно применять в матлабе?
36. Поясните смысл прямой позиционной задачи?
37. Объясните в чем суть геометрии рабочего пространства манипулятора?
38. Какие существуют методы прямого преобразования координат?
39. Расскажите особенности алгоритма для реализации прямого преобразования координат?
40. Численные методы решения прямой задачи
41. Поясните смысл обратной позиционной задачи?
42. Объясните в чем суть ориентации схвата в рабочем пространстве манипулятора? Как оно описывается?
43. Какие существуют методы обратного преобразования координат?
44. Расскажите особенности алгоритма для реализации обратного преобразования координат?
45. Численные методы решения обратной задачи
46. Виды управлений в роботах. Преимущества и недостатки каждого?
47. Применимость циклового управления.
48. Особенности моделирование циклового управления
49. Применяется ли цикловое управления к 6-ти осевым роботам-манипулятором?
50. Какова точность циклового управления?
51. Поясните смысл дискретного позиционного управления?
52. Преимущества и недостатки дискретного позиционного управления?
53. Точность дискретного позиционного управления?
54. Область применения дискретного позиционного управления
55. Особенности моделирования дискретного позиционного управления
56. Поясните смысл непрерывного управления приводом робота с последовательной коррекцией?
57. Преимущества и недостатки непрерывного управления приводом робота с последовательной коррекцией?
58. Точность непрерывного управления приводом робота с последовательной коррекцией?
59. Область применения непрерывного управления приводом робота с последовательной коррекцией
60. Особенности моделирования непрерывного управления приводом робота с последовательной коррекцией

Приложение 2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация имеет целью определить степень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине за период семестр и проводится в форме зачета

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
<i>ПК-1: Способен выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления в робототехнических системах; ставить задачи автоматизации проектирования и автоматического управления в робототехнике</i>		
ПК-1.1	Знает: методы проектирования и настройки робототехнических систем на базе регулируемого электропривода переменного тока; методы проектирования и настройки робототехнических систем на базе регулируемого электропривода постоянного тока; методы решения задач автоматического управления и автоматизированного проектирования в робототехнических системах; особенности моделирования многомерных и связанных систем. Построение матричных моделей преобразования координат; отличия дискретного циклового программного управления от дискретного позиционного программного управления роботами; непрерывное программное управления роботами; адаптивные и интеллектуальные системы управления роботами	11. Поясните понятие система координат робота-манипулятора. 12. Как задавать скоростные ограничения каждой оси? 13. Как выводить скорость в программе WorkVisual? 14. Какова точность позиционирования каждой оси и зависит ли она от скорости? 15. Как регулируется скорость по каждой оси, какой тип регулятора используется и почему? 61. Назовите количество осей робота манипулятора? Что означает степень свободы? 62. Как регулировать скорость перемещения робота по осям в ручном режиме? 63. Как изменять режимы работы робота? 64. Назовите основные цели режимов T1 и T2 ? 65. Назовите расположение осей 1 и 3, 5 и 6 ? 66. Назовите основные принципы и алгоритмы преобразования координат. 67. Какие существуют методы реализации прямого и обратного преобразования координат. 68. Назовите преимущества и недостаток матричного подхода к реализации систем управления промышленных роботов. 69. Поясните как работает вид движения CIRC, как осуществляется его программирование в SmartPad. 70. Что означает Spline перемещение в SmartPad. 71. Каковы основные задачи позиционного управления роботом-манипулятором? 72. Возможно ли применение интеллектуальной системы управления реального времени при

		позиционной системе? 73. Какой тип регулятора можно применять в позиционной СУ? 74. Поясните суть позиционной системы, ее преимущества и недостатки? 75. Как можно ограничивать координаты регулятора положения? 76. Какие существуют методы расчета и построения системы управления роботами-манипуляторами? 77. Алгоритмы преобразования координат 78. Преобразования вращения и переноса 79. Построение кинематической схемы робота, их варианты. Расставление углов. 80. Основные типы шарниров, ориентация системы координат. 81. Какие основные типы двигателей могут использоваться для привода звеньев робота? 82. Какие основные преимущества электрических двигателей по сравнению с другими? 83. Когда наиболее целесообразно применять гидродвигатели? 84. Зависит ли рациональный выбор типа приводного двигателя от степени свободы робота? 85. Как ограничивают момент каждой оси робота? 86. Охарактеризуйте каждый элемент библиотеки в матлабе по моделированию робототехнических устройств. 87. Нужно ли владеть языком программирования для правильно моделирования роботов в матлабе? 88. Как выполнить однородные преобразования координат в матлабе применительно к роботам? 89. Как в матлабе задать положение и ориентацию звеньев манипулятора? 90. Какие специальные системы координат можно применять в матлабе? 91. Поясните смысл прямой позиционной задачи? 92. Объясните в чем суть геометрии рабочего пространства манипулятора? 93. Какие существуют методы прямого преобразования координат?
--	--	---

		94. Расскажите особенности алгоритма для реализации прямого преобразования координат? 95. Численные методы решения прямой задачи 96. Поясните смысл обратной позиционной задачи? 97. Объясните в чем суть ориентации схвата в рабочем пространстве манипулятора? Как оно описывается? 98. Какие существуют методы обратного преобразования координат? 99. Расскажите особенности алгоритма для реализации обратного преобразования координат? 100. Численные методы решения обратной задачи 101. Виды управлений в роботах. Преимущества и недостатки каждого? 102. Применимость циклового управления. 103. Особенности моделирование циклового управления 104. Применяется ли цикловое управления к 6-ти осевым роботам-манипулятором? 105. Какова точность циклового управления? 106. Поясните смысл дискретного позиционного управления? 107. Преимущества и недостатки дискретного позиционного управления? 108. Точность дискретного позиционного управления? 109. Область применения дискретного позиционного управления 110. Особенности моделирования дискретного позиционного управления 111. Поясните смысл непрерывного управления приводом робота с последовательной коррекцией? 112. Преимущества и недостатки непрерывного управления приводом робота с последовательной коррекцией? 113. Точность непрерывного управления приводом робота с последовательной коррекцией? 114. Область применения
--	--	--

		непрерывного управления приводом робота с последовательной коррекцией 115. Особенности моделирования непрерывного управления приводом робота с последовательной коррекцией
ПК-1.2	Умеет: ставить и решать задачи проектирования автоматического управления робототехнических систем на базе регулируемого электропривода переменного тока; ставить и решать задачи проектирования автоматического управления робототехнических систем на базе регулируемого электропривода постоянного тока; формулировать задачи автоматизации проектирования программно-аппаратных средств робототехнических систем и комплексов; строить и моделировать многомерные матричные модели в среде имитационного моделирования; объяснять основные положения управления многомерной и связанной технической системой, строить кинематические схемы, составлять матрицы переходов прямых и обратных преобразований координат	Практическая работа №1. Знакомство с устройством роботов. Расчет их кинематических цепей и числа степеней подвижности. - Какие существуют методы расчета и построения системы управления роботами-манипуляторами? - Алгоритмы преобразования координат - Преобразования вращения и переноса - Построение кинематической схемы робота, их варианты. Расставление углов. - Основные типы шарниров, ориентация системы координат. Практическая работа №2. Расчет приводного устройства робота-манипулятора - Какие основные типы двигателей могут использоваться для привода звеньев робота? - Какие основные преимущества электрических двигателей по сравнению с другими? - Когда наиболее целесообразно применять гидродвигатели? - Зависит ли рациональный выбор типа приводного двигателя от степени свободы робота? - Как ограничивают момент каждой оси робота? Практическая работа №3. Моделирование приводного устройства робота-манипулятора в среде MATLAB-SIMULINK - Охарактеризуйте каждый элемент библиотеки в матлабе по моделированию робототехнических устройств. - Нужно ли владеть языком программирования для правильно

		моделирования роботов в матлабе? 8. Как выполнить однородные преобразования координат в матлабе применительно к роботам? 9. Как в матлабе задать положение и ориентацию звеньев манипулятора? 10. Какие специальные системы координат можно применять в матлабе? Практическая работа №4. Матричное описание прямого преобразования координат 6. Поясните смысл прямой позиционной задачи? 7. Объясните в чем суть геометрии рабочего пространства манипулятора? 8. Какие существуют методы прямого преобразования координат? 9. Расскажите особенности алгоритма для реализации прямого преобразования координат? 10. Численные методы решения прямой задачи Практическая работа №5. Матричное описание обратного преобразования координат 11. Поясните смысл обратной позиционной задачи? 12. Объясните в чем суть ориентации схвата в рабочем пространстве манипулятора? Как оно описывается? 13. Какие существуют методы обратного преобразования координат? 14. Расскажите особенности алгоритма для реализации обратного преобразования координат? 15. Численные методы решения обратной задачи Практическая работа №6. Расчет циклового управления отдельным приводом. 6. Виды управлений в роботах. Преимущества и недостатки каждого? 7. Применимость циклового управления. 8. Особенности моделирование циклового управления 9. Применяется ли цикловое управления к 6-ти осевым
--	--	--

		роботам-манипулятором? 10. Какова точность циклового управления? Практическая работа №7. Расчет дискретного позиционного управления 6. Поясните смысл дискретного позиционного управления? 7. Преимущества и недостатки дискретного позиционного управления? 8. Точность дискретного позиционного управления? 9. Область применения дискретного позиционного управления 10. Особенности моделирования дискретного позиционного управления Практическая работа №8. Расчет непрерывного управления приводом робота с последовательной коррекцией 6. Поясните смысл непрерывного управления приводом робота с последовательной коррекцией? 7. Преимущества и недостатки непрерывного управления приводом робота с последовательной коррекцией? 8. Точность непрерывного управления приводом робота с последовательной коррекцией? 9. Область применения непрерывного управления приводом робота с последовательной коррекцией 10. Особенности моделирования непрерывного управления приводом робота с последовательной коррекцией
ПК-1.3	Имеет практический опыт: наладки гибких производственных робототехнических систем в машиностроении на базе регулируемого электропривода переменного тока; наладки гибких производственных робототехнических систем в машиностроении на	Лабораторная работа № 1 "Знакомство с роботом-манипулятором. Перемещение робота вручную и переключение режимов работы" 116. Назовите количество осей робота манипулятора? Что означает степень свободы? 117. Как регулировать скорость перемещения робота по осям в ручном режиме? 118. Как изменять режимы работы робота? 119. Назовите основные цели режимов T1 и T2 ?

	базе регулируемого электропривода постоянного тока; разработки алгоритмов решения задач автоматического управления и автоматизации проектирования в робототехнических системах; моделирования и расчета систем управления роботами-манипуляторами, расчета систем управления, регуляторов сложной многомерной и связанной технической системы	120. Назовите расположение осей 1 и 3, 5 и 6 ? Лабораторная работа № 2 "Изучение скоростных характеристик приводов на реальном роботе-манипуляторе KUKA" 16. Поясните понятие система координат робота-манипулятора. 17. Как задавать скоростные ограничения каждой оси? 18. Как выводить скорость в программе WorkVisual? 19. Какова точность позиционирования каждой оси и зависит ли она от скорости? 20. Как регулируется скорость по каждой оси, какой тип регулятора используется и почему? Лабораторная работа № 3 "Исследование матричной модели робота в среде MATLAB-SIMULINK" 6. Назовите основные принципы и алгоритмы преобразования координат. 7. Какие существуют методы реализации прямого и обратного преобразования координат. 8. Назовите преимущества и недостаток матричного подхода к реализации систем управления промышленных роботов. 9. Поясните как работает вид движения CIRC, как осуществляется его программирование в SmartPad. 10. Что означает Spline перемещение в SmartPad. Лабораторная работа № 4 "Исследование позиционной системы управления осью робота-манипулятора в среде MATLAB-SIMULINK" 6. Каковы основные задачи позиционного управления роботом-манипулятором? 7. Возможно ли применение интеллектуальной системы управления реального времени при позиционной системе? 8. Какой тип регулятора можно применять в позиционной СУ? 9. Поясните суть позиционной системы, ее преимущества и недостатки? 10. Как можно ограничивать координаты регулятора положения?
--	--	--

ПК-8: Способен исследовать применение интеллектуальных систем для различных предметных областей

ПК-8.1	Исследует направления применения систем искусственного интеллекта для различных предметных областей Знает: направления развития систем искусственного интеллекта, методы декомпозиции решаемых задач с использованием искусственного интеллекта. Умеет: осуществлять декомпозицию решаемых задач с использованием искусственного интеллекта	1. Поясните понятие система координат робота-манипулятора. 2. Как задавать скоростные ограничения каждой оси? 3. Как выводить скорость в программе WorkVisual? 4. Какова точность позиционирования каждой оси и зависит ли она от скорости? 5. Как регулируется скорость по каждой оси, какой тип регулятора используется и почему? 6. Назовите количество осей робота манипулятора? Что означает степень свободы? 7. Как регулировать скорость перемещения робота по осям в ручном режиме? 8. Как изменять режимы работы робота? 9. Назовите основные цели режимов T1 и T2 ? 10. Назовите расположение осей 1 и 3, 5 и 6 ? 11. Назовите основные принципы и алгоритмы преобразования координат. 12. Какие существуют методы реализации прямого и обратного преобразования координат. 13. Назовите преимущества и недостатк матричного подхода к реализации систем управления промышленных роботов. 14. Поясните как работает вид движения CIRC, как осуществляется его программирование в SmartPad. 15. Что означает Spline перемещение в SmartPad. 16. Каковы основные задачи позиционного управления роботом-манипулятором? 17. Возможно ли применение интеллектуальной системы управления реального времени при позиционной системе? 18. Какой тип регулятора можно применять в позиционной СУ? 19. Поясните суть позиционной системы, ее преимущества и недостатки? 20. Как можно ограничивать координаты
---------------	--	---

		регулятора положения? 21. Какие существуют методы расчета и построения системы управления роботами-манипуляторами? 22. Алгоритмы преобразования координат 23. Преобразования вращения и переноса 24. Построение кинематической схемы робота, их варианты. Расставление углов. 25. Основные типы шарниров, ориентация системы координат. 26. Какие основные типы двигателей могут использоваться для привода звеньев робота? 27. Какие основные преимущества электрических двигателей по сравнению с другими? 28. Когда наиболее целесообразно применять гидродвигатели? 29. Зависит ли рациональный выбор типа приводного двигателя от степени свободы робота? 30. Как ограничивают момент каждой оси робота? 31. Охарактеризуйте каждый элемент библиотеки в матлабе по моделированию робототехнических устройств. 32. Нужно ли владеть языком программирования для правильно моделирования роботов в матлабе? 33. Как выполнить однородные преобразования координат в матлабе применительно к роботам? 34. Как в матлабе задать положение и ориентацию звеньев манипулятора? 35. Какие специальные системы координат можно применять в матлабе?
ПК-8.2	Выбирает комплексы методов и инструментальных средств искусственного интеллекта для решения задач в зависимости от особенностей предметной области Знает: методы и инструментальные средства систем искусственного интеллекта, критерии их	1. Какие существуют методы обратного преобразования координат? 2. Расскажите особенности алгоритма для реализации обратного преобразования координат? 3. Численные методы решения обратной задачи 4. Виды управлений в роботах. Преимущества и недостатки каждого? 5. Применимость циклового управления. 6. Особенности моделирование

	выбора и методы комплексирования в рамках применения интегрированных гибридных интеллектуальных систем различного назначения. Умеет: выбирать и комплексно применять методы и инструментальные средства систем искусственного интеллекта, критерии их выбора. Имеет практический опыт: исследования направлений применения систем искусственного интеллекта для различных предметных областей; выбора комплексов методов и инструментальных средств искусственного интеллекта для решения задач в зависимости от особенностей предметной области	циклового управления 7. Применяется ли цикловое управления к 6-ти осевым роботам-манипулятором? 8. Какова точность циклового управления? 9. Поясните смысл дискретного позиционного управления? 10. Преимущества и недостатки дискретного позиционного управления? 11. Точность дискретного позиционного управления? 12. Область применения дискретного позиционного управления 13. Особенности моделирования дискретного позиционного управления 14. Поясните смысл непрерывного управления приводом робота с последовательной коррекцией? 15. Преимущества и недостатки непрерывного управления приводом робота с последовательной коррекцией? 16. Точность непрерывного управления приводом робота с последовательной коррекцией? 17. Область применения непрерывного управления приводом робота с последовательной коррекцией 18. Особенности моделирования непрерывного управления приводом робота с последовательной коррекцией 19. Поясните смысл прямой позиционной задачи? 20. Объясните в чем суть геометрии рабочего пространства манипулятора? 21. Какие существуют методы прямого преобразования координат? 22. Расскажите особенности алгоритма для реализации прямого преобразования координат? 23. Численные методы решения прямой задачи 24. Поясните смысл обратной позиционной задачи? 25. Объясните в чем суть ориентации схвата в рабочем пространстве манипулятора? Как оно описывается?
--	---	---

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Изучение учебной дисциплины «Алгоритмы управления роботами-манипуляторами» завершается экзаменом.

Экзамен по данной дисциплине проводится в письменной форме с последующим устным собеседованием. Экзаменационный билет содержит 2 теоретических и 1 практический вопрос.

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 и 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.