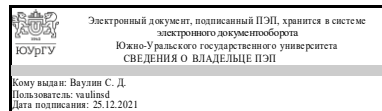


УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Политехнический институт



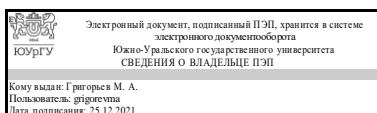
С. Д. Ваулин

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.М1.02.М1.06 Алгоритмы управления роботами-манипуляторами  
для направления 15.04.06 Мехатроника и робототехника  
уровень Магистратура  
магистерская программа Искусственный интеллект в робототехнике  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Электропривод и мехатроника

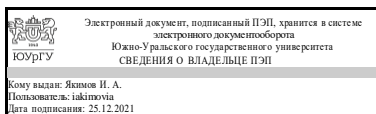
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника, утверждённым приказом Минобрнауки от 14.08.2020 № 1023

Зав.кафедрой разработчика,  
д.техн.н., проф.



М. А. Григорьев

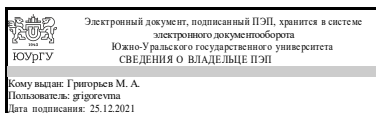
Разработчик программы,  
к.техн.н., доц.



И. А. ЯКИМОВ

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной  
программы  
д.техн.н., проф.



М. А. Григорьев

## 1. Цели и задачи дисциплины

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.

## Краткое содержание дисциплины

Рассмотрены исторические этапы становления алгоритмов управления и систем робототехники и перспективы их дальнейшего развития. Приводятся различные системы управления по принципу действия и по видам обратной связи, а также способы их анализа и синтеза.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления в робототехнических системах; ставить задачи автоматизации проектирования и автоматического управления в робототехнике.	Знает: особенности моделирования многомерных и связанных систем. Построение матричных моделей преобразования координат; отличия дискретного циклового программного управления от дискретного позиционного программного управления роботами; непрерывное программное управление роботами; адаптивные и интеллектуальные системы управления роботами. Умеет: 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. Имеет практический опыт: 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	Знает: направления развития систем искусственного интеллекта, методы декомпозиции решаемых задач с использованием искусственного интеллекта Умеет: осуществлять декомпозицию решаемых задач с использованием искусственного интеллекта Имеет практический опыт: исследования

	направлений применения систем искусственного интеллекта для различных предметных областей
--	---

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Электропривод переменного тока в робототехнических комплексах	Не предусмотрены

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Электропривод переменного тока в робототехнических комплексах	Знает: методы проектирования и настройки робототехнических систем на базе регулируемого электропривода переменного тока., направления развития систем искусственного интеллекта, методы декомпозиции решаемых задач с использованием искусственного интеллекта Умеет: ставить и решать задачи проектирования автоматического управления робототехнических систем на базе регулируемого электропривода переменного тока., осуществлять декомпозицию решаемых задач с использованием искусственного интеллекта Имеет практический опыт: наладки гибких производственных робототехнических систем в машиностроении на базе регулируемого электропривода переменного тока.

### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч., 78,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		2
Общая трудоёмкость дисциплины	216	216
<i>Аудиторные занятия:</i>	64	64
Лекции (Л)	16	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	32	32
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	137,5	137,5
с применением дистанционных образовательных технологий	0	
Подготовка отчетов по лабораторным и практическим	51,5	51,5

работам, подготовка к защите работ		
Подготовка к экзамену	36	36
Работа с литературными источниками	50	50
Консультации и промежуточная аттестация	14,5	14,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

## 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Введение. Основные этапы развития систем управления робототехники	2	2	0	0
2	Устройство, состав и структура построения систем управления роботов	10	2	4	4
3	Основные типы приводов роботов, а также особенности управления ими.	16	4	8	4
4	Математическое описание роботов.	18	6	8	4
5	Основы управления роботами и алгоритмы их работы	18	2	12	4

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение. Основные этапы развития систем управления робототехники.	2
2	2	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
3	3	Приводы роботов. Классификация приводов. Пневматические, гидравлические и электрические привода как объекты управления	2
4	3	Приводы роботов. Рекуперация энергии в приводах. Микроприводы.	2
5	4	Математическое описание роботов. Основные принципы организации движения роботов. Математическое описание манипуляторов и их механической системы.	2
6	4	Математическое описание манипуляторов. Взаимное влияние степеней подвижности манипуляторов. Учет упругости звеньев манипуляторов.	2
7	4	Математическое описание приводов. Компьютерное моделирование робототехнических систем.	2
8	5	Основы управления роботами. Дискретное позиционное программное управление роботами. Непрерывное программное управление роботами. Адаптивное и интеллектуальное управление роботами. Аппаратура управления роботов.	2

### 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	2	Практическая работа №1. Знакомство с устройством роботов. Расчет их кинематических цепей и числа степеней подвижности.	2

2	2	Защита практической работы №1	2
3	3	Практическая работа №2. Расчет приводного устройства робота-манипулятора	2
4	3	Защита практической работы №2	2
5	3	Практическая работа №3. Моделирование приводного устройства робота-манипулятора в среде MATLAB-SIMULINK	2
6	3	Защита практической работы №3	2
7	4	Практическая работа №4. Матричное описание прямого преобразования координат	2
8	4	Защита практической работы №4	2
9	4	Практическая работа №5. Матричное описание обратного преобразования координат	2
10	4	Защита практической работы №5	2
11	5	Практическая работа №6. Расчет циклового управления отдельным приводом.	2
12	5	Защита практической работы №6	2
13	5	Практическая работа №7. Расчет дискретного позиционного управления	2
14	5	Защита практической работы №7	2
15	5	Практическая работа №8. Расчет непрерывного управления приводом робота с последовательной коррекцией	2
16	5	Защита практической работы №8	2

### 5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	2	Лабораторная работа № 1 "Знакомство с роботом-манипулятором. Перемещение робота вручную и переключение режимов работы"	2
2	2	Защита лабораторной работы №1	2
3	3	Лабораторная работа № 2 "Изучение скоростных характеристик приводов на реальном роботе-манипуляторе KUKA"	2
4	3	Защита лабораторной работы № 2	2
5	4	Лабораторная работа № 3 "Исследование матричной модели робота в среде MATLAB-SIMULINK"	2
6	4	Защита лабораторных работы № 3	2
7	5	Лабораторная работа № 4 "Исследование позиционной системы управления осью робота-манипулятора в среде MATLAB-SIMULINK"	2
8	5	Защита лабораторной работы № 4	2

### 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка отчетов по лабораторным и практическим работам, подготовка к защите работ	1. Аншин, С. С. Проектирование и разработка промышленных роботов Под общ. ред. Я. А. Шифрина, П. Н. Белянина. - М.: Машиностроение, 1989. - 272 с. ил. 2. Величенко, В. В. Матрично-геометрические методы в механике с	2	51,5

	<p>приложениями к задачам робототехники. - М.: Наука, 1988. - 279 с. Ил. 3. Зенкевич, С. Л. Управление роботами: Основы управления манипуляционными роботами Учебник для вузов по специальности "Роботы и робототехн. системы". - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. - 399 с. ил. 4. Белянин, П. Н. Робототехнические системы для машиностроения. - М.: Машиностроение, 1986. - 253 с. ил. 5. Управляющие системы промышленных роботов Ю. Д. Андрианов, Л. Я. Глейзер, М. Б. Игнатъев; Под ред. И. М. Макарова, В. А. Чиганова. - М.: Машиностроение, 1984. - 287 с. ил. 6. Методические указания для выполнения лабораторных работ. 7. Методические указания для выполнения практических работ.</p>		
Подготовка к экзамену	<p>1. Аншин, С. С. Проектирование и разработка промышленных роботов Под общ. ред. Я. А. Шифрина, П. Н. Белянина. - М.: Машиностроение, 1989. - 272 с. ил. 2. Величенко, В. В. Матрично-геометрические методы в механике с приложениями к задачам робототехники. - М.: Наука, 1988. - 279 с. Ил. 3. Зенкевич, С. Л. Управление роботами: Основы управления манипуляционными роботами Учебник для вузов по специальности "Роботы и робототехн. системы". - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. - 399 с. ил. 4. Белянин, П. Н. Робототехнические системы для машиностроения. - М.: Машиностроение, 1986. - 253 с. ил. 5. Управляющие системы промышленных роботов Ю. Д. Андрианов, Л. Я. Глейзер, М. Б. Игнатъев; Под ред. И. М. Макарова, В. А. Чиганова. - М.: Машиностроение, 1984. - 287 с. ил. 6. Методические указания для выполнения лабораторных работ. 7. Методические указания для выполнения практических работ.</p>	2	36
Работа с литературными источниками	<p>1. Аншин, С. С. Проектирование и разработка промышленных роботов Под общ. ред. Я. А. Шифрина, П. Н. Белянина. - М.: Машиностроение, 1989. - 272 с. ил. 2. Величенко, В. В. Матрично-геометрические методы в механике с приложениями к задачам робототехники. - М.: Наука, 1988. - 279 с. Ил. 3. Зенкевич, С. Л. Управление роботами: Основы управления манипуляционными роботами Учебник для вузов по специальности "Роботы и робототехн.</p>	2	50

	системы". - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. - 399 с. ил. 4. Белянин, П. Н. Робототехнические системы для машиностроения. - М.: Машиностроение, 1986. - 253 с. ил. 5. Управляющие системы промышленных роботов Ю. Д. Андрианов, Л. Я. Глейзер, М. Б. Игнатъев; Под ред. И. М. Макарова, В. А. Чиганова. - М.: Машиностроение, 1984. - 287 с. ил.		
--	--	--	--

## 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учи-тыва-ется в ПА
1	2	Текущий контроль	Защита практической работы №1	1	5	За каждый правильно отвеченный вопрос начисляется 1 балл. (Всего задается пять вопросов)	экзамен
2	2	Текущий контроль	Защита практической работы №2	1	5	За каждый правильно отвеченный вопрос начисляется 1 балл. (Всего задается пять вопросов)	экзамен
3	2	Текущий контроль	Защита практической работы №3	1	5	За каждый правильно отвеченный вопрос начисляется 1 балл. (Всего задается пять вопросов)	экзамен
4	2	Текущий контроль	Защита практической работы №4	1	5	За каждый правильно отвеченный вопрос начисляется 1 балл. (Всего задается пять вопросов)	экзамен
5	2	Текущий контроль	Защита практической работы №5	1	5	За каждый правильно отвеченный вопрос начисляется 1 балл. (Всего задается пять вопросов)	экзамен
6	2	Текущий контроль	Защита практической работы №6	1	5	За каждый правильно отвеченный вопрос начисляется 1 балл. (Всего задается пять вопросов)	экзамен
7	2	Текущий контроль	Защита практической работы №7	1	5	За каждый правильно отвеченный вопрос начисляется 1 балл. (Всего задается пять вопросов)	экзамен
8	2	Текущий контроль	Защита практической работы №8	1	5	За каждый правильно отвеченный вопрос начисляется 1 балл. (Всего задается пять вопросов)	экзамен
9	2	Текущий контроль	Защита лабораторной работы №1	1	5	За каждый правильно отвеченный вопрос начисляется 1 балл. (Всего задается пять вопросов)	экзамен
10	2	Текущий контроль	Защита лабораторной	1	5	За каждый правильно отвеченный вопрос начисляется 1 балл. (Всего	экзамен

			работы №2			задается пять вопросов)	
11	2	Текущий контроль	Защита лабораторной работы №3	1	5	За каждый правильно отвеченный вопрос начисляется 1 балл. (Всего задается пять вопросов)	экзамен
12	2	Текущий контроль	Защита лабораторной работы №4	1	5	За каждый правильно отвеченный вопрос начисляется 1 балл. (Всего задается пять вопросов)	экзамен
13	2	Промежуточная аттестация	Экзамен	1	40	За каждый правильно отвеченный вопрос начисляется 10 баллов. Если правильность ответа студента на вопрос составляет 50%, начисляется 5 баллов. Если правильность ответа студента на вопрос составляет менее 50%, начисляется 0 баллов.	экзамен

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	Студенту выдается экзаменационный билет с четырьмя вопросами. За каждый правильно отвеченный вопрос начисляется 10 баллов. В сумме максимальный балл за экзамен составляет 40 баллов. Если студент не ответил ни на один вопрос ставится 0 баллов. Если студент хотя бы ответил правильно на 50% от заданного вопроса из 10 баллов за вопрос ставится 5 баллов.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ KM												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ПК-1	Знает: 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	Умеет: 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	Имеет практический опыт: моделирования и расчета систем управления роботами-манипуляторами, расчета систем управления, регуляторов сложной многомерной и связанной технической системы.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-8	Знает: направления развития систем искусственного интеллекта, методы декомпозиции			+			+							+



	с использованием искусственного интеллекта																			
ПК-8	Умеет: осуществлять декомпозицию решаемых задач с использованием искусственного интеллекта				+															+
ПК-8	Имеет практический опыт: исследования направлений применения систем искусственного интеллекта для различных предметных областей																			+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Зенкевич, С. Л. Управление роботами: Основы управления манипуляционными роботами Учебник для вузов по специальности "Роботы и робототехн. системы". - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. - 399 с. ил.

#### б) дополнительная литература:

1. Аншин, С. С. Проектирование и разработка промышленных роботов Под общ. ред. Я. А. Шифрина, П. Н. Беянина. - М.: Машиностроение, 1989. - 272 с. ил.
2. Беянин, П. Н. Робототехнические системы для машиностроения. - М.: Машиностроение, 1986. - 253 с. ил.
3. Управляющие системы промышленных роботов Ю. Д. Андрианов, Л. Я. Глейзер, М. Б. Игнатъев; Под ред. И. М. Макарова, В. А. Чиганова. - М.: Машиностроение, 1984. - 287 с. ил.

#### в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

Не предусмотрены

#### г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Методические указания для выполнения практических работ
2. Методические указания для выполнения лабораторных работ

#### из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Методические указания для выполнения практических работ
2. Методические указания для выполнения лабораторных работ

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная	Юревич, Е. И. Основы робототехники: Учебное пособие / Юревич Е.И., - 4-е изд., перераб. и доп. - СПб:БХВ-

		система Znanium.com	Петербург, 2017. - 368 с. (Учебная литература для вузов) ISBN 978-5-9775-3851-0. - Текст : электронный. - URL: <a href="https://new.znanium.com/catalog/product/978555">https://new.znanium.com/catalog/product/978555</a> (дата обращения: 06.02.2020)
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Выжигин, А.Ю. Гибкие производственные системы : учебное пособие / А.Ю. Выжигин. — Москва : Машиностроение, 2012. — 288 с. — ISBN 978-5-94275-620-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/63217">https://e.lanbook.com/book/63217</a> (дата обращения: 03.02.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)
3. Math Works-MATLAB, Simulink R2014b(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. EBSCO Information Services-EBSCOhost Research Databases(бессрочно)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Практические занятия и семинары	810-2 (3б)	Мультимедийное оборудование: проектор, интерактивная доска, компьютерная техника, Microsoft Office, MATLAB-SIMULINK
Лекции	815 (3б)	Мультимедийное оборудование: проектор, интерактивная доска, компьютерная техника, Microsoft Office
Лабораторные занятия	810-2 (3б)	Мультимедийное оборудование: проектор, интерактивная доска, компьютерная техника, Microsoft Office, Matlab.