

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 09 » ноября 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Основы робототехники и мехатроники  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** бакалавриат  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 180 (5)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Электроэнергетика и электротехника (общий профиль, СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины: освоение дисциплинарных компетенций в области построения робототехнических и мехатронных систем и комплексов.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение принципов работы систем управления приводами манипуляционных и производственных роботизированных комплексов и мехатронных систем;
- формирование знаний об основных фундаментальных и прикладных проблемах в области построения мехатронных систем и роботизированных комплексов;
- формирование умений по установке и наладке приводов мехатронных систем и роботизированных комплексов;
- формирование владений навыками по разработке и внедрению систем управления цифрового многокоординатного следящего электропривода

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- современные методы исследования и моделирования электромеханических систем;
- передовой отечественный и зарубежный опыт в области построения современных следящих электроприводов;
- методы исследования (анализа и синтеза) систем управления электроприводов мехатронных систем и промышленных роботов;
- основные кинематические схемы промышленных роботов и методы их расчета.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-1ПК-1.1	Знает современные информационные технологии сопряжения CAD/CAM-систем и станков с ЧПУ	Знает современные информационные технологии, сетевые компьютерные технологии, математические пакеты в электротехнике	Контрольная работа
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1	Умеет применять современные программно-вычислительные комплексы для исследования процессов и режимов работы мехатронных систем и роботизированных комплексов	Умеет применять современные программно-вычислительные комплексы для исследования процессов и режимов работы объектов профессиональной деятельности	Отчёт по практическому занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-3ПК-1.1	Владеет навыками математического моделирования при анализе современных систем управления движением исполнительных устройств в составе мехатронных систем и роботизированных комплексов	Владеет навыками математического моделирования при анализе и расчете объектов профессиональной деятельности	Защита лабораторной работы
ПК-2.1	ИД-1ПК-2.1	Знает основы электроники, схемы, состав оборудования, режим работы цифровых следящих электроприводов	Знает основы электроники, схемы, состав оборудования, режим работы электротехнических и электроэнергетических установок различного назначения	Контрольная работа
ПК-2.1	ИД-2ПК-2.1	Умеет проектировать схемы, электротехнические и электроэнергетические установки для построения мехатронных систем	Умеет проектировать схемы, электротехнические и электроэнергетические установки	Отчёт по практическом у занятию
ПК-2.1	ИД-3ПК-2.1	Владеет навыками расчета схем и режимов работы периферийных устройств микроконтроллеров и процессоров цифровой обработки сигналов в задачах построения систем управления следящими электроприводами	Владеет навыками расчета схем и режимов работы электронных и электротехнических установок	Защита лабораторной работы

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	63	63	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	27	27	
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	14	14	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	81	81	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	180	180	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
7-й семестр				
Основы современных систем управления мехатронными и роботизированными комплексами	6	4	2	20
Введение. Предмет и задачи дисциплины. Основные понятия, термины и определения. Тема 1. Промышленные роботы и манипулятор. Основные типы промышленных роботов. Тема 2. Кинематика многозвенного механизма роботизированных систем. Системы контроля движения промышленным роботом. Моделирование движения (моделирование кинематики) в реальном времени для задач робототехники. Компьютерные имитаторы движения. Тема 3. Основные архитектурные исполнения современных систем числового программного управления.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Функциональные компоненты систем управления робототехническими системами	6	4	4	12
Тема 4. Общая функциональная схема системы управления роботизированного комплекса. Тема 5. Модели силовых компонентов робототехнических комплексов и мехатронных систем. Тема 6. Модели информационно-управляющих компонентов робототехнических комплексов и мехатронных систем.				
Узлы и компоненты робототехнических систем	6	2	2	18
Тема 7. Серводвигатели: виды и области применения. Тема 8. Датчики обратной связи в следящем электроприводе.				
Цифровые системы управления следящими электроприводами	9	8	6	31
Тема 9. Структура цифровой системы управления. Микроконтроллеры, процессоры цифровой обработки сигналов в задачах построения цифровой системы управления. Тема 10. Методы интерполяции траекторий движения в следящем электроприводе. Тема 11. Дискретно-непрерывные и дискретные следящие электромеханические системы управления. Тема 12. Следящий электропривод с комбинированным управлением. Тема 13. Исследование электромеханических систем управления с модальными регуляторами состояния и прогнозирующими моделями.				
ИТОГО по 7-му семестру	27	18	14	81
ИТОГО по дисциплине	27	18	14	81

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Интерполяция траекторий движения в следящем электроприводе
2	Стадии и этапы проектирования, основные задачи исследования электромеханических систем управления
3	Подключение аналоговых и дискретных датчиков к микроконтроллеру при создании цифровой системы управления
4	Анализ и синтез регуляторов и наблюдателей в системе векторного управления электроприводом
5	Следящий электропривод с комбинированным управлением

## Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Исследование систем управления электроприводами в среде разработки мехатронных систем Mexbios
2	Расчет кинематики четырехзвенного механизма
3	Подготовка управляющей программы станка с ЧПУ с помощью САМ-системы
4	Следящий электропривод с комбинированным управлением
5	Исследование электромеханических систем управления с модальными регуляторами состояния и прогнозирующими моделями

### 5. Организационно-педагогические условия

#### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

#### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. 4-е изд., перераб. и доп. Санкт-Петербург : Профессия, 2003. 749 с.	117
2	Бильфельд Н. В. Имитационное моделирование систем цифрового управления : Метод. рук. для практ. занятий. Пермь : ПГТУ, 2002. 52 с.	24
3	Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления : пер. с англ. Москва : Лаб. Базовых Знаний, 2004. 831 с.	108
4	Казанцев В. П. Системы управления исполнительными механизмами : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2015. 273 с. 17,25 усл.печ.л.	20
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Борцов Ю. А., Поляхов Н. Д., Путов В. В. Электромеханические системы с адаптивным и модальным управлением. Ленинград : Энергоатомиздат, 1984. 216 с.	4
2	Гудвин Г.К., Греббе С.Ф., Сальгадо М.Э. Проектирование систем управления : пер. с англ. М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2004. 911 с.	14
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

### 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Казанцев В. П. Системы управления исполнительными механизмами : учебное пособие. Пермь : ПНИПУ, 2015. 274 с	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-160418">https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-160418</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Казанцев В. П. Системы управления электромеханическими исполнительными механизмами : лабораторный практикум. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2018	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib6033">https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib6033</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Визуальная среда разработки мехатронных систем	<a href="https://mechatronica-pro.com/sites/default/files/content/product/35/user_guide.pdf">https://mechatronica-pro.com/sites/default/files/content/product/35/user_guide.pdf</a>	сеть Интернет; свободный доступ

### 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г.

### 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>
Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки	<a href="http://www.diss.rsl.ru/">http://www.diss.rsl.ru/</a>

### 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Компьютер с монитором и предустановленным (специализированным ПО)	10
Лабораторная работа	Мехатронная система «2-ух координатное перемещение».	1



Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Проектор с экраном, маркерная доска	1
Лабораторная работа	Роботизированная ячейка (6-осевой манипулятор)	2
Лабораторная работа	Учебные стенды тип 1 (АД-ДПТ) и тип 2 (БДПТ-ДПТ)	1
Лекция	Проектор с экраном, маркерная доска	1
Практическое занятие	Компьютер с монитором и предустановленным (специализированным ПО)	10
Практическое занятие	Проектор с экраном, маркерная доска	1

## 8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
**«Основы робототехники и мехатроники»**  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

**Направление подготовки:** 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

**Направленность (профиль)  
образовательной программы:** Автоматизированный электропривод и  
робототехнические комплексы

**Квалификация выпускника:** «Бакалавр»

**Выпускающая кафедра:** Микропроцессорных средств автоматизации

**Форма обучения:** Очная

**Курс:** 4

**Семестр:** 7

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 5 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 180 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Экзамен: 7 семестр

Пермь 2023

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### **1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля**

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (7-го семестра учебного плана) и разбито на 4 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, практические и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Итоговый	
	С	ТО	ОЛР	Т/КР		Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>						
3.1 знать современные информационные технологии сопряжения CAD/CAM-систем и станков с ЧПУ		ТО	ОЛР	Т/КР		ТВ
3.2 знать основы электроники, схемы, состав оборудования, режим работы цифровых следящих электроприводов		ТО	ОЛР	Т/КР		ТВ
<b>Освоенные умения</b>						
У.1 уметь применять современные программно-вычислительные комплексы для исследования процессов и режимов работы мехатронных систем и роботизированных комплексов			ОЛР			ПЗ
У.2 уметь проектировать схемы, электротехнические и электроэнергетические установки для построения мехатронных систем			ОЛР ОЛР			ПЗ
<b>Приобретенные владения</b>						
В.1 владеть навыками математического моделирования при анализе современных систем управления движением исполнительных устройств в составе мехатронных систем и роботизированных комплексов			ОЛР			КЗ
В.2 владеть навыками расчета схем и режимов работы			ОЛР			КЗ

периферийных устройств микроконтроллеров и процессоров цифровой обработки сигналов в задачах построения систем управления следящими электроприводами						
--	--	--	--	--	--	--

*С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена.*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ, практических заданий и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

### **2.2.1. Защита лабораторных работ**

Всего запланировано 3 лабораторные работы и 2 практических задания. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.2.2. Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланировано 2 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины.

#### **Типовые задания КР:**

1. Методика расчета и выбора отдельных элементов, входящих в состав устройств робототехнических систем.

2. Методика расчета параметров отдельных элементов, входящих в состав системы управления преобразовательными устройствами.

3. Методика расчета параметров отдельных элементов, входящих в состав мехатронной системы.

4. Методика расчета параметров отдельных элементов, входящих в состав устройств робототехнических систем.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной реферативной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

## **2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ, практических заданий и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине**

#### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Чем вызвана необходимость создания роботов?
2. Основные классификационные признаки роботов.
3. Основные кинематические схемы манипуляторов.
4. Общая характеристика манипуляторов.
5. Как рассчитывается мощность двигателей приводов робота?
6. С какими системами координат связаны кинематические схемы роботов?

#### **Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:**

1. Определить число степеней свободы робота-манипулятора согласно кинематической схеме.
2. Вывести уравнения для прямой и обратной задачи кинематики согласно кинематической схеме робота-манипулятора.
3. Определить тип кинематической схемы в виде шарнирной нотации и рабочую область робота-манипулятора по кинематической схеме.

#### **Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:**

1. Определить (рассчитать и построить графики) закон движения тела (закон изменения угла поворота тела), закон изменения угловой скорости тела.
2. Определить (рассчитать и построить графики) скорость (вектор скорости) точки в неподвижной системе отсчёта с помощью матрицы Якоби, содержащей частные производные координат точки по углу поворота тела.
3. Подобрать закон движения, чтобы в начальном положении, в середине траектории и в конечном положении скорость точки была соответственно равна 0, 5, 0 м/с.

### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

## **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности

компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.

**Типовые ситуационные задания и кейсы для проверки умений и владений**

**Задание № \_\_. (анализ кейс-стади)**

Проверяемые результаты обучения: y2; v2

Задание. Внимательно прочитайте текст предложенного кейса и ответьте на вопросы задания.

**Критерии оценки ситуационных заданий**

**Оценка «пять» ставится, если обучающийся осознанно излагает и оценивает суть данной ситуации, с аргументацией своей точки зрения, умеет анализировать, обобщать и предлагает верные пути решения складывающейся ситуации.**

**Оценка «четыре» ставится, если обучающийся понимает суть ситуации, логично строит свой ответ, но допускает незначительные неточности при определении путей решения.**

**Оценка «три» ставится, если обучающийся ориентируется в сущности складывающейся ситуации, но нуждается в наводящих вопросах, не умеет анализировать и не совсем верно намечает пути решения ситуации.**

**Оценка «два» ставится, если обучающийся не ориентируется и не понимает суть данной ситуации, не может предложить путей ее решения, либо допускает грубые ошибки.**

**Ситуация 1.** Точка движется в плоскости  $xu$ . В начальный момент времени точка находится в положении  $[0;0]$ , в конечный момент времени точка должна оказаться в положении  $[0;3]$  метра. Пусть требуемое время движения равно 10 секунд. На плоскости имеется препятствие, форма и размеры которого показаны на рисунке.

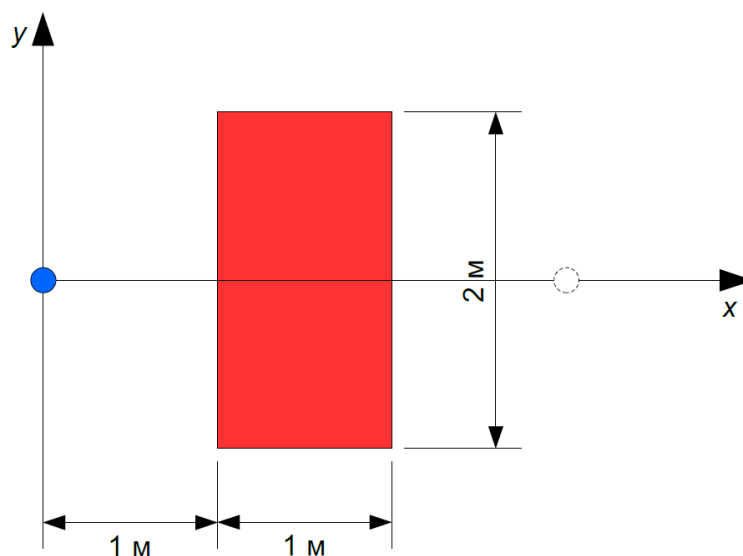


Рисунок 1 – Движение точки по плоскости



Предложите один из возможных законов движения точки (закон изменения координат  $x$  и  $y$ ), обеспечивающий выполнение следующих условий:

- 1) точка должна начинать движение с нулевой начальной скоростью;
- 2) точка должна заканчивать движение с нулевой конечной скоростью;
- 3) максимальное по модулю ускорение точки не должно превышать  $1 \text{ м/с}^2$ .

Постройте траекторию движения точки, зависимости её скорости и ускорения от времени.

**Ситуация 2.** Кинематическая схема робота-манипулятора изображена на рисунке 2.

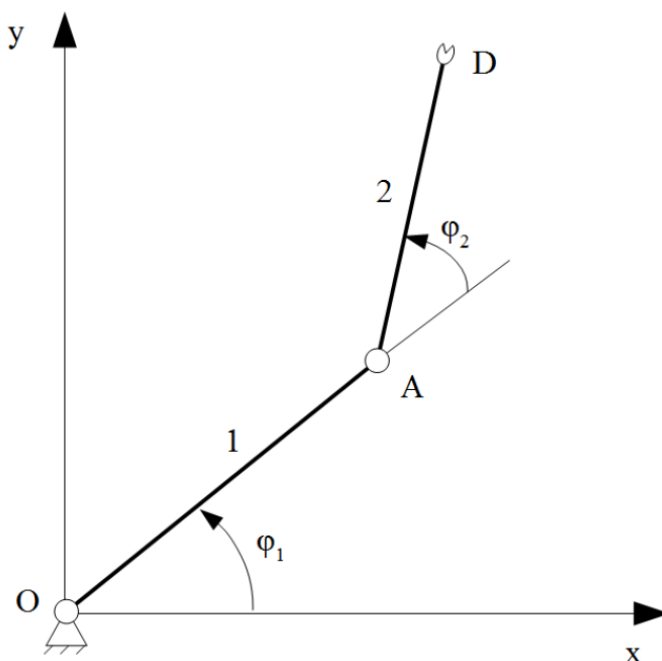


Рисунок 2 – Кинематическая схема робота манипулятора

Формулы для решения прямой задачи кинематики имеют следующий вид:

$$\begin{cases} x = l_1 \cos(\varphi_1) + l_2 \cos(\varphi_1 + \varphi_2) \\ y = l_1 \sin(\varphi_1) + l_2 \sin(\varphi_1 + \varphi_2) \end{cases}, \quad (1)$$

$$\begin{cases} \dot{x} = -l_1 \dot{\varphi}_1 \sin(\varphi_1) - l_2 (\dot{\varphi}_1 + \dot{\varphi}_2) \sin(\varphi_1 + \varphi_2) \\ \dot{y} = l_1 \dot{\varphi}_1 \cos(\varphi_1) + l_2 (\dot{\varphi}_1 + \dot{\varphi}_2) \cos(\varphi_1 + \varphi_2) \end{cases}. \quad (2)$$

Система уравнений (1) описывает координаты движения результирующей точки  $D$  (эндеффектора), а система уравнений (2) описывает скорость движения результирующей точки  $D$  (эндеффектора).

Предположим, что программное движение манипулятора, описывается следующими выражениями:

$$\begin{aligned}\varphi_1 &= (1 - \cos(\omega t))^2 \frac{\pi}{2}, \text{ рад} \\ \varphi_2 &= \sin(2\omega t) \frac{\pi}{2}, \text{ рад} \\ \omega &= \frac{\pi}{10} = \text{const}, \text{ рад} / \text{с} \\ t &\in [0, 5], \text{ с}\end{aligned}\tag{3}$$

Для моментов времени 0, 2.5, 5 секунд найдите **численными методами** (это задание и последующие необходимо выполнить в *Matlab* в форме скрипта):

- 1) значения матрицы Якоби робота-манипулятора;
- 2) значения обратной матрицы к матрицам Якоби.

**Ситуация 3.** Точка движется по дуге окружности радиуса  $R$  как показано на рисунке, начиная движение в положении с координатами  $[0; R]$  и заканчивая в положении с координатами  $[R; 0]$ . Время движения  $T$ . Требуется подобрать закон движения, чтобы в начальном положении, в середине траектории и в конечном положении скорость точки была соответственно равна  $V_0, V_M, V_E$ .

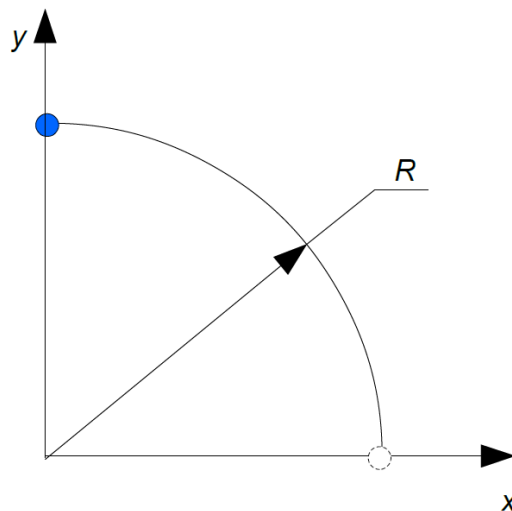


Рисунок 3 – Движение точки по дуге окружности

Закон движения предлагается искать в виде многочлена:

$$\sigma = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + a_4 t^4\tag{4}$$

Напишите программу, которая будет вычислять коэффициенты  $a_0 - a_4$  по заданным значениям параметров  $R, T, V_0, V_M, V_E$ .

Задайтесь значениями параметров. Вычислите значения коэффициентов. Постройте зависимости естественной координаты  $\sigma$  от времени, скорости точки от времени, ускорения точки от времени, скорости точки от координаты  $\sigma$ .