

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ястребов Олег Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 02.06.2023 16:24:58  
Уникальный программный ключ:  
ca953a0120d891083f939673078ef1a989dae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»**

**Инженерная академия**

(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

(наименование дисциплины/модуля)

**Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:**

### **27.03.04 УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

(код и наименование направления подготовки/специальности)

**Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):**

### **УПРАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ, МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ И КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ**

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

**2023 г.**

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Основы проектирования робототехнических систем» входит в программу бакалавриата «Управление информационными процессами, машинное обучение и кибербезопасность» по направлению 27.03.04 «Управление в технических системах» и изучается в 7 семестре 4 курса. Дисциплину реализует Департамент механики и процессов управления. Дисциплина состоит из 4 разделов и 36 тем и направлена на изучение фундаментальных основ проектирования робототехнических систем и математического описания их работы, характеризующих этапы формирования компетенций и обеспечивающих достижение планируемых результатов освоения образовательной программы; разбор основных методов решения типовых задач и знакомство с областью их применения в профессиональной деятельности.

Целью освоения дисциплины является формирование фундаментальных знаний и навыков применения методов решения задач, необходимых для профессиональной деятельности, повышение общего уровня грамотности студентов по дисциплине основы проектирования робототехнических систем (освоение методов математического описания кинематики и динамики исполнительных механизмов робототехнических систем, методов синтеза алгоритмов управления робототехническими системами, методов формирования траектории движения робота в различных системах координат).

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Основы проектирования робототехнических систем» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

*Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)*

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
ОПК-1	Способен анализировать задачи профессиональной деятельности на основе положений, законов и методов в области естественных наук и математики	ОПК-1.1 Знает основные положения, законы и методы естественных наук, которые можно применить для решения профессиональных задач; ОПК-1.2 Выявляет связи и закономерности при решении задач связанных с профессиональной деятельностью; ОПК-1.3 Использует полученные на базе основных законов и методов естественных наук и математики выводы в рамках профессиональной деятельности;
ОПК-3	Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности	ОПК-3.1 Обладает фундаментальными знаниями для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности; ОПК-3.2 Применяет фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности; ОПК-3.3 Обеспечивает эффективное применение фундаментальных знаний для решения задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности;
ОПК-4	Способен осуществлять оценку эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов	ОПК-4.1 Знает методы и подходы для осуществления оценки эффективности систем управления; ОПК-4.2 Умеет применять известные методы и подходы для оценки эффективности систем управления; ОПК-4.3 Осуществляет оценку эффективности систем управления с применением методов, разработанных на основе математических методов;
ОПК-6	Способен разрабатывать и	ОПК-6.1 Знает основные алгоритмы и программы,

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
	использовать алгоритмы и программы, современные информационные технологии, методы и средства контроля, диагностики и управления, пригодные для практического применения в сфере своей профессиональной деятельности	современные информационные технологии, методы и средства контроля, диагностики и управления, пригодные для практического применения в сфере своей профессиональной деятельности; ОПК-6.2 Умеет применять алгоритмы и программы, современные информационные технологии, методы и средства контроля, диагностики и управления, пригодные для практического применения в сфере своей профессиональной деятельности; ОПК-6.3 Уверенно владеет алгоритмами и и программами, современными информационными технологиями, методами и средствами контроля, диагностикой и управлением, пригодными для практического применения в сфере своей профессиональной деятельности;
ОПК-7	Способен производить необходимые расчёты отдельных блоков и устройств систем контроля, автоматизации и управления, выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники при проектировании систем автоматизации и управления	ОПК-7.1 Знает порядок произведения необходимых расчетов отдельных блоков и устройств систем контроля, автоматизации и управления, выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники при проектировании систем автоматизации и управления; ОПК-7.2 Умеет произвести необходимые расчеты отдельных блоков и устройств систем контроля, автоматизации и управления, выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники при проектировании систем автоматизации и управления; ОПК-7.3 Владеет технологиями проведения расчетов отдельных блоков и устройств систем контроля, автоматизации и управления, выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники при проектировании систем автоматизации и управления;
ОПК-8	Способен выполнять наладку измерительных и управляющих средств и комплексов, осуществлять их регламентное обслуживание	ОПК-8.1 Знает параметры и характеристики измерительных и управляющих средств и комплексов; ОПК-8.2 Умеет осуществлять регламентное обслуживание измерительных и управляющих средств и комплексов; ОПК-8.3 Обеспечивает наладку измерительных и управляющих средств и комплексов и их регламентное обслуживание;
ОПК-9	Способен выполнять эксперименты по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств	ОПК-9.1 Знает современные информационные технологии и технические средства; ОПК-9.2 Умеет применять современные информационные технологии и технические средства для обработки результатов экспериментов; ОПК-9.3 Владеет современными информационными технологиями и техническими средствами для выполнения экспериментов и обработки результатов;
ПК-6	Способен участвовать в подготовке технико-экономического обоснования проектов создания систем и средств автоматизации и управления техническими проектами гражданской тематики	ПК-6.1 Знает способы реализации основных технологических процессов; закономерности построения автоматизированных и автоматических производственных процессов; способы подготовки технико-экономического обоснования проектов создания систем и средств автоматизации и управления; ПК-6.2 Умеет рационально выбирать различные варианты средств автоматизации, в том числе и вспомогательных, проектировать системы автоматизации с использованием микропроцессорной техники; выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств их обеспечению средствами автоматизации и управления; использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний;; ПК-6.3 Владеет способами реализации основных технологических процессов; навыками к практическому освоению и совершенствованию систем автоматизации

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
		производственных и технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами; навыками разработок обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального, прогнозировании последствий решения;

### 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Основы проектирования робототехнических систем» относится к обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы высшего образования.

В рамках образовательной программы высшего образования обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Основы проектирования робототехнических систем».

*Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины*

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
ОПК-1	Способен анализировать задачи профессиональной деятельности на основе положений, законов и методов в области естественных наук и математики	Теория автоматического управления; Математический анализ; Алгебра и геометрия; Комплексный анализ; Электротехника и электроника; Архитектура компьютерных сетей; Теория вероятностей и математическая статистика; Теоретическая механика;	Преддипломная практика;
ОПК-3	Способен использовать фундаментальные знания для решения базовых задач управления в технических системах с целью совершенствования в профессиональной деятельности	<i>Иностранный язык в профессиональной деятельности**;</i> <i>Русский язык (как иностранный) в профессиональной деятельности**;</i> Математический анализ; Алгебра и геометрия; Физика; Дифференциальные уравнения; Теоретическая механика; Теория автоматического управления; Комплексный анализ; Теория вероятностей и математическая статистика;	Преддипломная практика;
ОПК-4	Способен осуществлять оценку эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов	<i>Дифференциальные уравнения;</i> <i>Электротехника и электроника;</i> <i>Архитектура компьютерных сетей;</i>	Преддипломная практика;

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
ОПК-6	Способен разрабатывать и использовать алгоритмы и программы, современные информационные технологии, методы и средства контроля, диагностики и управления, пригодные для практического применения в сфере своей профессиональной деятельности	<i>Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы); Теория автоматического управления; Информатика и программирование; Механика космического полета;</i>	Преддипломная практика;
ОПК-7	Способен производить необходимые расчёты отдельных блоков и устройств систем контроля, автоматизации и управления, выбирать стандартные средства автоматизации, измерительной и вычислительной техники при проектировании систем автоматизации и управления	<i>Электротехника и электроника;</i>	Преддипломная практика;
ОПК-8	Способен выполнять наладку измерительных и управляющих средств и комплексов, осуществлять их регламентное обслуживание	<i>Электротехника и электроника; Методы оптимального управления;</i>	Преддипломная практика;
ОПК-9	Способен выполнять эксперименты по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств	<i>Безопасность жизнедеятельности; Правоведение; Информатика и программирование; Методы оптимального управления; Applications of Earth Remote Sensing;</i>	Преддипломная практика; Технологическая практика;
ПК-6	Способен участвовать в подготовке технико-экономического обоснования проектов создания систем и средств автоматизации и управления техническими проектами гражданской тематики	<i>Проектная практика; Теория автоматического управления;</i>	Преддипломная практика;

\* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

\*\* - элективные дисциплины /практики

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Основы проектирования робототехнических систем» составляет «4» зачетные единицы.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для очной формы обучения.

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.		Семестр(-ы)
			7
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	72		72
Лекции (ЛК)	36		36
Лабораторные работы (ЛР)	36		36
Практические/семинарские занятия (СЗ)	0		0
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	45		45
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	27		27
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>ак.ч.</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
	<b>зач.ед.</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)		Вид учебной работы*
Раздел 1	Структура робототехнических систем	1.1	Общее устройство и составные части роботизированных технических систем. Термины и определения.	ЛК, ЛР
		1.2	Описание и анализ положения исполнительного механизма робота в рабочем пространстве.	ЛК, ЛР
		1.3	Программирование роботов-манипуляторов.	ЛК, ЛР
		1.4	Датчики, используемые в робототехнических системах. Классификация. Основные характеристики.	ЛК, ЛР
		1.5	Основные датчики внутреннего состояния робота.	ЛК, ЛР
		1.6	Датчики измерения в дальней зоне.	ЛК, ЛР
		1.7	Системы осязания в ближней зоне.	ЛК, ЛР
		1.8	Силомоментное осязание.	ЛК, ЛР
		1.9	Классификация приводов исполнительных механизмов роботов.	ЛК, ЛР
Раздел 2	Математическое описание робототехнических систем	2.1	Метод однородного преобразования. Однородные координаты. Матрицы однородного преобразования.	ЛК, ЛР
		2.2	Назначение связанных систем координат Денавита-Хартенберга. Математическое описание взаимного расположения звеньев исполнительного механизма.	ЛК, ЛР
		2.3	Математическое описание кинематики исполнительных механизмов роботов. Прямая задача кинематики.	ЛК, ЛР
		2.4	Обратная задача кинематики. Основные методы решения.	ЛК, ЛР
		2.5	Матрицы Якоби и ее определение для манипуляционного робота. Использование матрицы Якоби для решения обратной задачи кинематики.	ЛК, ЛР
		2.6	Динамика манипуляционных роботов. Определение уравнения движения методом Лагранжа-Эйлера.	ЛК, ЛР
		2.7	Динамика манипуляционных роботов. Рекуррентные уравнения движения Ньютона-Эйлера.	ЛК, ЛР
		2.8	Матричное уравнение движения исполнительного механизма робота в пространстве обобщенных координат. Прямая и обратная задачи динамики.	ЛК, ЛР
		2.9	Моделирование движения исполнительного механизма робота с учетом взаимодействия с окружающей средой.	ЛК, ЛР
Раздел 3	Дискретное управление робототехническими системами.	3.1	Структура системы управления робота.	ЛК, ЛР
		3.2	Основы теории конечных автоматов	ЛК, ЛР
		3.3	Использование аппарата конечных автоматов для синтеза алгоритма управления робототехнического комплекса и моделирования его работы.	ЛК, ЛР
		3.4	Реализация конечных автоматов системы управления робототехнической системы в различных языках программирования.	ЛК, ЛР
		3.5	Использование аппарата конечных автоматов	ЛК, ЛР

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)		Вид учебной работы*
			для описания работы робота и управления им на примере трехстепенного манипуляционного робота.	
		3.6	Использование аппарата конечных автоматов для синтеза системы управления группой роботов.	ЛК, ЛР
		3.7	Моделирование работы робототехнических систем с использованием теории сетей Петри.	ЛК, ЛР
		3.8	Планирование задач движения в робототехнике.	ЛК, ЛР
		3.9	Синтез программы движения манипулятора.	ЛК, ЛР
Раздел 4	Формирование траектории движения робота и управление движением по этим траекториям	4.1	Дифференциальное перемещение. Матрица дифференциальных преобразований.	ЛК, ЛР
		4.2	Линеаризованный алгоритм кинематического управления движением конечного звена робота	ЛК, ЛР
		4.3	Формирование траектории движения конечного звена робота между заданными узловыми точками по линейному закону.	ЛК, ЛР
		4.4	Решение обратной задачи кинематики при разных размерностях вектора, описывающего требуемое положение робота в декартовом пространстве, и пространстве обобщенных координат.	ЛК, ЛР
		4.5	Формирование траектории движения робота в пространстве обобщенных координат. Специальная параметризация.	ЛК, ЛР
		4.6	Полиномиальная интерполяция при планировании траектории движения робота.	ЛК, ЛР
		4.7	Использование кубических сплайн-функций при планировании траектории движения робота.	ЛК, ЛР
		4.8	Виды управления роботом манипулятором: по положению, по скорости, по ускорению, по усилию.	ЛК, ЛР
		4.9	Определение допустимых сил, развиваемых схватом и ускорений схвата.	ЛК, ЛР

\* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – семинарские занятия.

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Компьютерный класс	Компьютерный класс для проведения занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и	



Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
	промежуточной аттестации, оснащенная персональными компьютерами (в количестве 15 шт.), доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Для самостоятельной работы	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	

\* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература:

1. Рачков, М. Ю. Технические средства автоматизации : учебник для академического бакалавриата / М. Ю. Рачков. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 180 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-04428-7.

2. Роботы и робототехника: лабораторный практикум [Текст/электронный ресурс] : Учебное пособие / Д.Б. Кулаков, Б.Б. Кулаков. - Электронные текстовые данные. - М. : Изд-во РУДН, 2018. - 121 с. : ил. - ISBN 978-5-209-07506-6 : 144.49

3. Рачков, М. Ю. Пневматические системы автоматики : учеб. пособие для бакалавриата и специалитета / М. Ю. Рачков. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 264 с. — (Серия : Бакалавр и специалист). — ISBN 978-5-534-09039-0.

### Дополнительная литература:

1. Фу, Р.Гонсалес, К.Ли Робототехника: учебник для вузов – М. «Мир», 1989. – 624 с.

2. М. Шахинпур Курс Робототехники: учебник для вузов /Под редС.Л. Зенкевича: М.: Мир, 1990. – 527с.

3. С.Л. Зенкевич, А.С. Ющенко Основы управления манипуляционными роботами: учебник для вузов. – 2-е изд., исправ. И доп. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2004. – 480 с.

4. Математическое моделирование систем приводов роботов с древовидной кинематической структурой: Учебное пособие для вузов / Д.Б. Кулаков [и др.] М.: Изд-во «Рудомино», 2008. 64 с.

5. Д. Крейг Введение в робототехнику. Механика и управление. Изд-во Институт Компьютерных исследований, 2013. – 564 с.

6. О.Д. Егоров, Ю.В. Подураев, М.А. Буйнов Робототехнические мехатронные системы. М.: МГТУ "Станкин", 2015.-326 с.

7. Майер Р.В. Основы компьютерного моделирования : учебное пособие – 2015. 620 с.

8. С.А. Воротников Информационные устройства робототехнических систем. Изд-во МГТУ им. Баумана, 2005. – 384 с.Трэвис Дж., Кринг Дж. LabView для всех. М.: Изд-во

ДМК. 2011. 904 с.

9. С.Г. Герман-Галкин Matlab&Simulink Проектирование мехатронных систем на ПК. Учебное пособие для ВУЗов, М.Короно-Век 2014.-368 с.

10. Тихонов А.Ф. Автоматизация и роботизация технологических процессов и машин в строительстве: Учебное пособие для вузов. Изд-во Ассоциации строительных вызов, 2005, 464 стр.

11. Лесков А.Г., Ющенко А.С. Моделирование и анализ робототехнических систем. М.: Машиностроение, 1992. 78 с.

12. К.А. Пупков, В.Г. Коньков, Интеллектуальные системы. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003.

13. Халфман Р. Динамика / Пер. с англ. В.А. Космодемьянского. М.: Наука, 1972. 568 с.

14. Ковальчук А.К., Кулаков Д.Б., Семенов С.Е. Математическое описание кинематики и динамики исполнительных механизмов роботов с древовидной кинематической структурой // Известия ВУЗов. Машиностроение. 2008. №11. С. 13-24.  
*Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:*

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН

<http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>

- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>

- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>

- ЭБС «Консультант студента» [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru)

- ЭБС «Троицкий мост»

2. Базы данных и поисковые системы

- электронный фонд правовой и нормативно-технической документации

<http://docs.cntd.ru/>

- поисковая система Яндекс <https://www.yandex.ru/>

- поисковая система Google <https://www.google.ru/>

- реферативная база данных SCOPUS

<http://www.elsevier.com/locate/scopus/>

*Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля\*:*

1. Курс лекций по дисциплине «Основы проектирования робототехнических систем».

\* - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС!**

## **8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Оценочные материалы и балльно-рейтинговая система\* оценивания уровня сформированности компетенций (части компетенций) по итогам освоения дисциплины «Основы проектирования робототехнических систем» представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

\* - Ом и БРС формируются на основании требований соответствующего локального нормативного акта РУДН.

**РАЗРАБОТЧИК:**

Доцент

*Должность, БУП*

*Подпись*

Кулаков Дмитрий

Борисович

*Фамилия И.О.*

**РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:**

Директор ДМПУ

*Должность БУП*

*Подпись*

Разумный Юрий

Николаевич

*Фамилия И.О.*

**РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:**

Профессор

*Должность, БУП*

*Подпись*

Разумный Юрий

Николаевич

*Фамилия И.О.*