

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 27.04.04 Управление в технических системах

Наименование образовательной программы: Управление и информатика в технических системах

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**МЕХАТРОННЫЕ СИСТЕМЫ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.06.03.02</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>3 семестр - 5;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>180 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>3 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>3 семестр - 16 часов;</b>
<b>Консультации</b>	<b>3 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>3 семестр - 129,5 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b>	
<b>Коллоквиум</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>3 семестр - 0,5 часа;</b>

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шилин Д.В.
	Идентификатор	R495daf18-ShilinDV-59db3f0e

Д.В. Шилин

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Бобряков А.В.
	Идентификатор	R2c90f415-BobriakovAV-70dec1fa

А.В. Бобряков

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Бобряков А.В.
	Идентификатор	R2c90f415-BobriakovAV-70dec1fa

А.В. Бобряков

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Целью освоения дисциплины является изучение конструкции манипуляторов, физических принципов работы манипуляторов, методов расчёта и проектирования, основ использования, разработка пневматических систем с электрическим управлением.

### Задачи дисциплины

- Приобретение навыков по разработке программ управления сложными мехатронными системами.;
- Приобретение навыков проектирование сложных мехатронных систем.;
- Приобретение навыков составление электрических схем подключения входных и выходных сигналов к контроллеру..

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
РПК-1 Способен проектировать программно-аппаратные комплексы для систем автоматизации и управления	ИД-1 <sub>РПК-1</sub> Демонстрирует знание современных информационных технологий, технологий проектирования программного обеспечения и аппаратно-технических средств для решения задач автоматизации и управления в технических и организационно-технических системах	знать: - Языки программирования МЭК.;- Отечественный и зарубежный опыт по данной тематике..  уметь: - Использовать полученные знания при решении практических задач по проектированию, испытаниями и эксплуатации мехатронных систем..
РПК-1 Способен проектировать программно-аппаратные комплексы для систем автоматизации и управления	ИД-2 <sub>РПК-1</sub> Может разрабатывать программно-аппаратные комплексы для автоматизации управления техническими объектами и систем принятия решений	знать: - Технические решения при создании автоматических систем.;- Принцип действия современной электропневмоавтоматики, знать особенности их конструкции и характеристики..  уметь: - Пользоваться отладочными методиками идентификации ошибок и оптимизации программного кода..

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Управление и информатика в технических системах (далее – ОПОП), направления подготовки 27.04.04 Управление в технических системах, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Основные понятия и определения мехатронных и роботизированных систем.	43	3	10	4	-	-	-	-	-	-	29	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Основные понятия и определения мехатронных и роботизированных систем." <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 20-40 [4], 30-60</p>	
1.1	Введение.	13		3	1	-	-	-	-	-	-	9	-		
1.2	Определения и терминология мехатроники.	14		3	1	-	-	-	-	-	-	10	-		
1.3	Принципы мехатроники. Методы построения мехатронных устройств.	16		4	2	-	-	-	-	-	-	10	-		
2	Промышленные роботы.	29		6	4	-	-	-	-	-	-	19	-		<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Промышленные роботы." <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 40-145 [4], 220-230,232-239 [5], 30-70</p>
2.1	Промышленные роботы, основные понятия, классификация ПР.	14		3	2	-	-	-	-	-	-	9	-		
2.2	Принципы построения промышленных роботов, их характеристики.	15		3	2	-	-	-	-	-	-	10	-		
3	Задачи ПЗК и ОЗК в мехатронных системах.	43	10	4	-	-	-	-	-	-	29	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Задачи ПЗК и ОЗК в мехатронных системах." <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p>		
3.1	Кинематика	13	3	1	-	-	-	-	-	-	9	-			

	манипуляторов												<b><u>источников:</u></b>
3.2	Прямая и обратная задачи кинематики манипуляторов.	14	3	1	-	-	-	-	-	-	10	-	[2], 198-213 [4], 134-144, 150-170 [5], 99-198
3.3	Расчёт характеристик манипуляторов промышленных роботов.	16	4	2	-	-	-	-	-	-	10	-	
4	Системы управления мехатронных и робототехнических устройств.	29	6	4	-	-	-	-	-	-	19	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Системы управления мехатронных и робототехнических устройств."
4.1	Приводы мехатронных устройств, промышленных роботов и вспомогательного оборудования	14	3	2	-	-	-	-	-	-	9	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 50-265 [2], 234-267 [4], 240-370
4.2	Принципы и системы управления мехатронных и робототехнических устройств.	15	3	2	-	-	-	-	-	-	10	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	-	-	<b>2</b>	-	-	<b>0.5</b>	<b>96</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	-	-	<b>2</b>	-	-	<b>0.5</b>	<b>129.5</b>		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## **3.2 Краткое содержание разделов**

### 1. Основные понятия и определения мехатронных и роботизированных систем.

#### 1.1. Введение.

Предпосылки развития мехатроники и робототехники области применения мехатронных и робототехнических систем.. Преимущества мехатронных устройств и систем..

#### 1.2. Определения и терминология мехатроники.

Определение мехатроники, как новой области науки и техники.. Трехединая сущность мехатронных систем.. Факторы, обусловившие развитие МС.. Тенденции изменения и ключевые требования мирового рынка в области мехатроники..

#### 1.3. Принципы мехатроники. Методы построения мехатронных устройств.

Поколения мехатронных модулей.. Структура автоматической машины, созданной на основе традиционного и мехатронного подходов в их проектировании.. Сущность мехатронного подхода в проектировании и эксплуатации МС.. Потенциально возможные точки интеграции функциональных элементов в мехатронные модули.. Методы построения мехатронных устройств..

### 2. Промышленные роботы.

#### 2.1. Промышленные роботы, основные понятия, классификация ПР.

Робототехника – новое комплексное научно-техническое направление в области автоматизации различных процессов, возникшее на стыке ряда наук, прежде всего механики и кибернетики, составная часть мехатроники. История развития робототехники.. Промышленный робот, определение. Функциональная схема ПР. Структурная схема ПР. Поколения роботов. Роботы с программным управлением, адаптивные роботы, интеллектуальные роботы..

#### 2.2. Принципы построения промышленных роботов, их характеристики.

Роботы, традиционные, перспективные области их применения. Предметная область робототехники. Роботы, определение. Структурная схема робота.. Кинематические схемы ПР. Системы координатных перемещений, рабочее пространство, рабочая зона ПР. Классификация промышленных роботов.. Принципы построения ПР: агрегатный, агрегатно – модульный, модульный принципы построения.. Номенклатура основных технических характеристик ПР, их определение, параметрические ряды этих характеристик..

### 3. Задачи ПЗК и ОЗК в мехатронных системах.

#### 3.1. Кинематика манипуляторов

Матрицы поворота. Матрица поворота вокруг произвольной оси. Представление матриц поворота через углы Эйлера.. Геометрический смысл матриц поворота. Однородные координаты и матрицы преобразований. Геометрический смысл однородной матрицы преобразования. Однородная матрица композиции преобразований. Звенья, сочленения и их параметры. Представление Денавита-Хартенберга..

#### 3.2. Прямая и обратная задачи кинематики манипуляторов.

Прямая задача кинематики. Уравнения кинематики манипулятора. Обратная задача кинематики. Метод обратных преобразований. Геометрический подход в решении обратной задачи кинематики..

### 3.3. Расчёт характеристик манипуляторов промышленных роботов.

Точностной расчёт манипулятора: постановка задачи. Расчёт погрешности позиционирования ПР модульного типа при отработке программных движений.. Расчёт погрешности позиционирования ПР с управлением по степеням подвижности по положению.. Определение допустимых погрешностей по степеням подвижности ПР с управлением по положению по заданной погрешности позиционирования объекта манипулирования..

## 4. Системы управления мехатронных и робототехнических устройств.

### 4.1. Приводы мехатронных устройств, промышленных роботов и вспомогательного оборудования

Типы приводов, используемых в мехатронике и робототехнике, их сравнительный анализ. Пневмоприводы промышленных роботов, область их применения.. Принцип действия поршневых пневмоприводов. Элементы схем управления пневмоприводов. Типовые принципиальные пневматические схемы приводов.. Силовой расчёт пневмоцилиндров. Расчёт основных параметров пневмоцилиндров. Торможение и демпфирование движений поршня в пневмоцилиндре.. Использование механических и гидравлических демпферов для торможения. Принцип их действия, расчёт основных параметров. Торможение за счёт расхода рабочего тела.. Схемы торможения дросселированием рабочего тела и противодавлением, расчёт основных параметров режима торможения..

### 4.2. Принципы и системы управления мехатронных и робототехнических устройств.

Цикловое, позиционное, контурное управление, структурные схемы систем с таким управлением.. Принципы построения систем интеллектуального управления в мехатронике. Иерархия управления в системах.. Системы управления исполнительного и тактического уровней..

### **3.3. Темы практических занятий** не предусмотрено

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Лабораторная работа № 4. «Дискомат»;
2. Лабораторная работа № 3. «Лифт»;
3. Лабораторная работа № 2. «Электромеханический трипод»;
4. Лабораторная работа № 1. «Пневматический трипод».

### **3.5 Консультации**

#### Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Основные понятия и определения мехатронных и роботизированных систем."
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Промышленные роботы."
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Задачи ПЗК и ОЗК в мехатронных системах."



4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Системы управления мехатронных и робототехнических устройств."

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
<b>Знать:</b>						
Отечественный и зарубежный опыт по данной тематике.	ИД-1 <sub>РПК-1</sub>	+				Коллоквиум/Основные понятия и определения мехатронных и роботизированных систем
Языки программирования МЭК.	ИД-1 <sub>РПК-1</sub>		+			Коллоквиум/Промышленные роботы
Принцип действия современной электропневмоавтоматики, знать особенности их конструкции и характеристики.	ИД-2 <sub>РПК-1</sub>			+		Коллоквиум/Задачи ПЗК и ОЗК в мехатронных системах
Технические решения при создании автоматических систем.	ИД-2 <sub>РПК-1</sub>			+		Коллоквиум/Задачи ПЗК и ОЗК в мехатронных системах
<b>Уметь:</b>						
Использовать полученные знания при решении практических задач по проектированию, испытаниями и эксплуатации мехатронных систем.	ИД-1 <sub>РПК-1</sub>				+	Коллоквиум/Системы управления мехатронных и робототехнических устройств
Пользоваться отладочными методиками идентификации ошибок и оптимизации программного кода.	ИД-2 <sub>РПК-1</sub>				+	Коллоквиум/Системы управления мехатронных и робототехнических устройств

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**3 семестр**

Форма реализации: Устная форма

1. Задачи ПЗК и ОЗК в мехатронных системах (Коллоквиум)
2. Основные понятия и определения мехатронных и роботизированных систем (Коллоквиум)
3. Промышленные роботы (Коллоквиум)
4. Системы управления мехатронных и робототехнических устройств (Коллоквиум)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Экзамен (Семестр №3)*

Оценка "не удовлетворительно" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию.

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Карнаухова, Н. Ф. Электромеханические и мехатронные системы : учебное пособие по специальностям 190206, 220401, 220402 / Н. Ф. Карнаухова . – Ростов-на-Дону : Феникс, 2006 . – 320 с. – (Высшее образование) . - ISBN 5-222-08228-8 .;
2. Конюх, В. Л. Основы робототехники : учебное пособие для вузов по направлениям 220300 "Автоматизация технологических процессов и производств" и 220400 "Мехатроника и робототехника" / В. Л. Конюх . – Ростов-на-Дону : Феникс, 2008 . – 281 с. – (Высшее образование) . - ISBN 978-5-222-12575-5 .;
3. Подураев Ю. В.- "Мехатроника: основы, методы, применение", Издательство: "Машиностроение", Москва, 2007 - (256 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=806;](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=806)
4. В. С. Камлюк, Д. В. Камлюк- "Мехатронные модули и системы в технологическом оборудовании для микроэлектроники", Издательство: "РИПО", Минск, 2016 - (383 с.)  
[https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=463290;](https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=463290)
5. В. А. Жмудь, Г. А. Французова, А. С. Востриков- "Динамика мехатронных систем", Издательство: "Директ-Медиа", Москва, Берлин, 2021 - (241 с.)  
[https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=599923.](https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=599923)

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;

4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

### 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	С-409, Лекционный зал	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	С-409, Лекционный зал	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	С-402, Учебная лаборатория мехатроники, элементов и систем пневмоавтоматики	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф для хранения инвентаря, компьютерная сеть с выходом в Интернет, экран, доска маркерная, компьютер персональный, стенд учебный
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	С-409, Лекционный зал	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для	НТБ-201, Компьютерный	стол компьютерный, стул, стол

самостоятельной работы	читальный зал	письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	С-405, Кабинет преподавателей и инженеров	стол, стул, шкаф для документов, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, принтер, стенд учебный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	М-309, Кладовая	стол, стул, шкаф для хранения инвентаря
	М-301/1, Кладовая	стул

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Мехатронные системы

(название дисциплины)

#### 3 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

КМ-1 Основные понятия и определения мехатронных и роботизированных систем (Коллоквиум)

КМ-2 Промышленные роботы (Коллоквиум)

КМ-3 Задачи ПЗК и ОЗК в мехатронных системах (Коллоквиум)

КМ-4 Системы управления мехатронных и робототехнических устройств (Коллоквиум)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Основные понятия и определения мехатронных и роботизированных систем.					
1.1	Введение.		+			
1.2	Определения и терминология мехатроники.		+			
1.3	Принципы мехатроники. Методы построения мехатронных устройств.		+			
2	Промышленные роботы.					
2.1	Промышленные роботы, основные понятия, классификация ПР.			+		
2.2	Принципы построения промышленных роботов, их характеристики.			+		
3	Задачи ПЗК и ОЗК в мехатронных системах.					
3.1	Кинематика манипуляторов				+	
3.2	Прямая и обратная задачи кинематики манипуляторов.				+	
3.3	Расчёт характеристик манипуляторов промышленных роботов.				+	
4	Системы управления мехатронных и робототехнических устройств.					
4.1	Приводы мехатронных устройств, промышленных роботов и вспомогательного оборудования					+
4.2	Принципы и системы управления мехатронных и робототехнических устройств.					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25