

**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**  
**РОБОТОТЕХНИКА**


<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.Ч.05.02.02
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	1 семестр - 4;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	144 часа
<b>Лекции</b>	1 семестр - 32 часа;
<b>Практические занятия</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Лабораторные работы</b>	1 семестр - 16 часов;
<b>Консультации</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>Самостоятельная работа</b>	1 семестр - 95,7 часа;
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b> Тестирование Лабораторная работа	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	1 семестр - 0,3 часа;

**Москва 2020**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Ганин П. Е.
	Идентификатор	R12576bc6-GaninPY-2ddb3f0e

(подпись)

П.Е. Ганин

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

А.В. Бобряков

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

А.В. Бобряков

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение: особенностей технологии автоматизированного и роботизированного производства; средств автоматизации основных, вспомогательных, контрольных и транспортных операций в технологических процессах машиностроения и приборостроения; технологических основ применения промышленных роботов для автоматизации операций изготовления, сборки и испытаний изделий; требований, предъявляемых к промышленным роботам и РТК; основ организации компьютеризированного процесса проектирования, подготовки и управления производством

### Задачи дисциплины

- изучение современной естественнонаучной картины мира, понятий и законов методов робототехники в динамике мехатронных систем;
- овладение важнейшими методами решения научно-технических задач в области методов разделения движений, основными алгоритмами математической формализации мехатронных явлений;
- формирование устойчивых навыков по применению фундаментальных положений методов робототехники при научном анализе ситуаций, с которыми инженеру приходится сталкиваться в ходе создания новой техники и новых технологий;
- ознакомление с историей и логикой развития методов разделения движений.

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
ПК-1 Способен проектировать программно-аппаратные комплексы для систем автоматизации и управления	ИД-1 <sub>ПК-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: - основные понятия и концепции методов робототехники в динамике мехатронных систем, порядок применения теории методов робототехники в важнейших практических приложениях; - основные методы исследования робототехники мехатронных систем; - основные методы робототехники при решении естественнонаучных и технических задач.  уметь: - пользоваться при аналитическом и численном исследовании мехатронных моделей технических систем возможностями современных компьютеров и информационных технологий; - использовать возможности современных компьютеров и информационных технологий при аналитическом и численном исследовании математических моделей технических систем.

## **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 среднего общего образования.

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 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ 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	Ритмика и кинематика двуногой ходьбы	42	1	12	6	-	-	-	-	-	-	24	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Ритмика и кинематика двуногой ходьбы" материалу.</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Ритмика и кинематика двуногой ходьбы".</p>
1.1	Однозвенный манипулятор	7		2	1	-	-	-	-	-	-	4	-	
1.2	Построение управления с использованием принципа обратной связи	7		2	1	-	-	-	-	-	-	4	-	
1.3	Оптимизация конструкции и траекторий движения манипулятора	7		2	1	-	-	-	-	-	-	4	-	
1.4	Оптимальные траектории движения манипулятора	7		2	1	-	-	-	-	-	-	4	-	
1.5	Манипуляторы параллельной и гибридной кинематической структуры	7		2	1	-	-	-	-	-	-	4	-	
1.6	Особые положения манипулятора	7		2	1	-	-	-	-	-	-	4	-	
2	Позиционирование манипуляционных систем при последовательном соединении звеньев	30		8	4	-	-	-	-	-	-	18	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Позиционирование манипуляционных систем при последовательном соединении</p>

2.1	Применение обобщенных функций	7	2	1	-	-	-	-	-	-	4	-	звеньев". <b>Подготовка к лабораторной работе:</b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Позиционирование манипуляционных систем при последовательном соединении звеньев" материалу.
2.2	Импульсное управление	7	2	1	-	-	-	-	-	-	4	-	
2.3	Задача о движении двузвенника со скрепленными звеньями	7	2	1	-	-	-	-	-	-	4	-	
2.4	Методы программного управления	9	2	1	-	-	-	-	-	-	6	-	
3	Кинематика мобильной робототехнической системы. Задачи управления	27	6	3	-	-	-	-	-	-	18	-	<b>Подготовка к лабораторной работе:</b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Кинематика мобильной робототехнической системы. Задачи управления" материалу. <b>Самостоятельное изучение теоретического материала:</b> Изучение дополнительного материала по разделу "Кинематика мобильной робототехнической системы. Задачи управления". <b>Изучение материалов литературных источников:</b> [3], 10-78
3.1	Кинематическая постановка задачи выхода мобильного робота на полосу при большом угле отклонения робота от полосы	9	2	1	-	-	-	-	-	-	6	-	
3.2	Синтез законов движения по обобщенным координатам манипулятора	9	2	1	-	-	-	-	-	-	6	-	
3.3	Компоновка и возможные траектории схвата манипулятора	9	2	1	-	-	-	-	-	-	6	-	
4	Динамика мобильной робототехнической системы. Задачи управления	27	6	3	-	-	-	-	-	-	18	-	
4.1	Формирование управления	9	2	1	-	-	-	-	-	-	6	-	
4.2	Кинематическая	9	2	1	-	-	-	-	-	-	6	-	<b>Подготовка к текущему контролю:</b> Повторение материала по разделу "Динамика мобильной робототехнической системы. Задачи управления". <b>Самостоятельное изучение теоретического материала:</b> Изучение дополнительного материала по разделу

	постановка задачи выхода мобильного робота на полосу при малом угле отклонения робота от полосы												"Динамика мобильной робототехнической системы. Задачи управления".
4.3	Оптимизация управления	9	2	1	-	-	-	-	-	-	6	-	
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.0</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	-	-	-	-	-	<b>0.3</b>	<b>78</b>	<b>17.7</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>144.0</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	-	-	-	-	-	<b>0.3</b>	<b>95.7</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. Ритмика и кинематика двуногой ходьбы

#### 1.1. Однозвенный манипулятор

Описание конструкции. Аналитическое представление. Задача о позиционировании манипулятора с учетом конечной жесткости звена. Кинематическая схема упругого робота. Упругая податливость приводов кинематических пар. Расчет деформаций упругих элементов.

#### 1.2. Построение управления с использованием принципа обратной связи

Неполный вектор наблюдения. Оценка параметров модели наблюдений неполного ранга с помощью обобщенной обратной матрицы. Замкнутая система управления. Поддержание постоянства заданной координаты. Функциональная схема системы. Обратная связь по скорости.

#### 1.3. Оптимизация конструкции и траекторий движения манипулятора

Позиционирование рабочего органа и следование заданной траектории. Особенности контурных перемещений. Наблюдатель Люенбергера. Компоненты вектора состояний. Обратная связь по состоянию системы. Наблюдатель полного порядка (фильтр Калмана).

#### 1.4. Оптимальные траектории движения манипулятора

Критерии оптимальности. Задача минимизации энергозатрат при перемещении грузов. Условия оптимальности конструкции манипулятора.

#### 1.5. Манипуляторы параллельной и гибридной кинематической структуры

Платформа Стюарта – параллельный механизм с шестью степенями свободы. Робот ГЕКСАПОД с системой линейных приводов. Прямая и обратная задачи кинематики параллельного манипулятора. Анализ рабочей зоны манипулятора параллельной структуры.

#### 1.6. Особые положения манипулятора

Анализ особых положений. Условие сингулярности. Влияние на управляемость и манипулятивность.

### 2. Позиционирование манипуляционных систем при последовательном соединении звеньев

#### 2.1. Применение обобщенных функций

Введение обобщенных функций. Функция Хевисайда. Функция Дирака.

#### 2.2. Импульсное управление

«Слабые решения». Теория удара. Ударное взаимодействие с опорой.

#### 2.3. Задача о движении двузвенника со скрепленными звеньями

Принцип Мизеса. Статически неопределимые системы с диссипацией. Аксиома Мизеса. Определение реакции в задаче о качающемся двузвеннике.

#### 2.4. Методы программного управления

Цикловое управление. Алгоритмы аналитического управления. Адаптивное управление.

### 3. Кинематика мобильной робототехнической системы. Задачи управления



3.1. Кинематическая постановка задачи выхода мобильного робота на полосу при большом угле отклонения робота от полосы

Построение нелинейной обработки входной информации для формирования обратной связи с целью построения управления, выводящего робота на полосу. Дефицит управляющих воздействий. Неполный вектор наблюдений. Формирование обратной связи.

3.2. Синтез законов движения по обобщенным координатам манипулятора

Применение метода «наблюдателя Люенбергера» для предварительной обработки входного информационного сигнала. Синтез прямоугольного закона движения из физических предпосылок. Синтез прямоугольного закона как сплайн-функции. Синтез синусоидального безударного закона движения. Синтез безударного закона на основе сплайн-функций. Расчет закона движения схвата в абсолютной системе координат.

3.3. Компоновка и возможные траектории схвата манипулятора

Компоновочные схемы. Анализ местных (частных) траекторий схвата манипуляторов. Особенности использования нескольких роботов в одном рабочем пространстве. Межстанционные траектории как функции числа схватов и организации производственной сцены.

#### 4. Динамика мобильной робототехнической системы. Задачи управления

4.1. Формирование управления

Ошибка начальной выставки. Уравнения идеальной работы. Уравнения ошибок. Обратная связь. Построение управления, исправляющего ошибку начальной выставки.

4.2. Кинематическая постановка задачи выхода мобильного робота на полосу при малом угле отклонения робота от полосы

Дефицит управляющих воздействий. Неполный вектор наблюдений. Формирование обратной связи. Построение управления, выводящего робота на полосу.

4.3. Оптимизация управления

Движение мобильного робота в конфликтной среде. Несимметричные поля непрерывного типа. Алгоритмы планирования пути. Применение генетических алгоритмов. Адаптивное управление.

### **3.3. Темы практических занятий**

не предусмотрено

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Лабораторная работа №2. Моделирование исполнительской части многозвенного манипулятора. Построение законов управления электродвигателями звеньев.;
2. Лабораторная работа №3. Построение имитационной модели манипулятора с виртуальным отображением конструкции.;
3. Лабораторная работа №1. Многозвенный манипулятор. Задача о позиционировании манипулятора с учетом конечной жесткости звена. Моделирование механической части манипулятора..

### **3.5 Консультации**

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Ритмика и кинематика двуногой ходьбы".
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Позиционирование манипуляционных систем при последовательном соединении звеньев".
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Кинематика мобильной робототехнической системы. Задачи управления".
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Динамика мобильной робототехнической системы. Задачи управления".

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Ритмика и кинематика двуногой ходьбы".
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Позиционирование манипуляционных систем при последовательном соединении звеньев".
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Кинематика мобильной робототехнической системы. Задачи управления".
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Динамика мобильной робототехнической системы. Задачи управления".

### **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>						
основные методы робототехники при решении естественнонаучных и технических задач	ИД-1ПК-1		+			Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №1
основные методы исследования робототехники мехатронных систем	ИД-1ПК-1	+				Тестирование/Тест по теме «Ритмика и кинематика двуногой ходьбы»
основные понятия и концепции методов робототехники в динамике мехатронных систем, порядок применения теории методов робототехники в важнейших практических приложениях	ИД-1ПК-1			+		Тестирование/Тест по теме «Позиционирование манипуляционных систем при последовательном соединении звеньев»
<b>Уметь:</b>						
использовать возможности современных компьютеров и информационных технологий при аналитическом и численном исследовании математических моделей технических систем	ИД-1ПК-1		+	+		Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №2
пользоваться при аналитическом и численном исследовании мехатронных моделей технических систем возможностями современных компьютеров и информационных технологий	ИД-1ПК-1			+	+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №3

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

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

###### **1 семестр**

Форма реализации: Защита задания

1. Защита лабораторной работы №1 (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы №2 (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы №3 (Лабораторная работа)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Тест по теме «Позиционирование манипуляционных систем при последовательном соединении звеньев» (Тестирование)
2. Тест по теме «Ритмика и кинематика двуногой ходьбы» (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет с оценкой (Семестр №1)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

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

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

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

1. Юревич, Е. И. Основы робототехники : учебное пособие для вузов по направлению 652000 "Мехатроника и робототехника" и специальность 210300 "Роботы и робототехнические системы" / Е. И. Юревич . – СПб. : БХВ-Петербург, 2005 . – 416 с. + CD-ROM . – (Учебное пособие) . - ISBN 5-941574-73-8 .;
2. Зенкевич, С. Л. Основы управления манипуляционными роботами : учебник для вузов по специальности "Роботы и робототехнические системы" / С. Л. Зенкевич, А. С. Ющенко . – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004 . – 480 с. – (Робототехника) . - ISBN 5-7038-2567-9 .;
3. Афонин В. Л., Макушкин В. А.- "Интеллектуальные робототехнические системы", (2-е изд.), Издательство: "ИНТУИТ", Москва, 2016 - (222 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/100607>.

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

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

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
3. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
4. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
5. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
8. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
9. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
10. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
11. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
12. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	С-403, Компьютерный класс	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф для хранения инвентаря, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол 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

### Робототехника

(название дисциплины)

#### 1 семестр

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

- КМ-1 Тест по теме «Ритмика и кинематика двуногой ходьбы» (Тестирование)
- КМ-2 Тест по теме «Позиционирование манипуляционных систем при последовательном соединении звеньев» (Тестирование)
- КМ-3 Защита лабораторной работы №1 (Лабораторная работа)
- КМ-4 Защита лабораторной работы №2 (Лабораторная работа)
- КМ-5 Защита лабораторной работы №3 (Лабораторная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	6	10	12	16
1	Ритмика и кинематика двуногой ходьбы						
1.1	Однозвенный манипулятор		+				
1.2	Построение управления с использованием принципа обратной связи		+				
1.3	Оптимизация конструкции и траекторий движения манипулятора		+				
1.4	Оптимальные траектории движения манипулятора		+				
1.5	Манипуляторы параллельной и гибридной кинематической структуры		+				
1.6	Особые положения манипулятора		+				
2	Позиционирование манипуляционных систем при последовательном соединении звеньев						
2.1	Применение обобщенных функций				+	+	
2.2	Импульсное управление				+	+	
2.3	Задача о движении двузвенника со скрепленными звеньями				+	+	
2.4	Методы программного управления				+	+	
3	Кинематика мобильной робототехнической системы. Задачи управления						
3.1	Кинематическая постановка задачи выхода мобильного робота на полосу при большом угле			+		+	+

	отклонения робота от полосы					
3.2	Синтез законов движения по обобщенным координатам манипулятора		+		+	+
3.3	Компоновка и возможные траектории схвата манипулятора		+		+	+
4	Динамика мобильной робототехнической системы. Задачи управления					
4.1	Формирование управления					+
4.2	Кинематическая постановка задачи выхода мобильного робота на полосу при малом угле отклонения робота от полосы					+
4.3	Оптимизация управления					+
Вес КМ, %:		25	20	15	25	15