

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

---

Направление подготовки/специальность: 15.03.06 Мехатроника и робототехника

Наименование образовательной программы: Компьютерные технологии управления в робототехнике и мехатронике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины  
УПРАВЛЕНИЕ РОБОТАМИ И МЕХАТРОННЫМИ УСТРОЙСТВАМИ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Обязательная</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.О.22</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>7 семестр - 4; 8 семестр - 4; всего - 8</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>288 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>7 семестр - 16 часов; 8 семестр - 12 часов; всего - 28 часа</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>7 семестр - 16 часов; 8 семестр - 12 часов; всего - 28 часа</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>7 семестр - 32 часа; 8 семестр - 24 часа; всего - 56 часа</b>
<b>Консультации</b>	<b>7 семестр - 2 часа; 8 семестр - 2 часа; всего - 4 часа</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>7 семестр - 77,5 часа; 8 семестр - 93,5 часа; всего - 171,0 час</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> Контрольная работа Расчетно-графическая работа Лабораторная работа	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
Экзамен	7 семестр - 0,5 часа;
Экзамен	8 семестр - 0,5 часа;
	<b>всего - 1,0 час</b>

**Москва 2018**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

**Преподаватель**

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Адамов Б.И.
	Идентификатор	R2db20bbf-AdamovBI-4e0d2620

(подпись)

**Б.И. Адамов**

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель образовательной программы**

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Адамов Б.И.
	Идентификатор	R2db20bbf-AdamovBI-4e0d2620

(подпись)

**Б.И. Адамов**

(расшифровка подписи)

**Заведующий выпускающей кафедры**

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Меркурьев И.В.
	Идентификатор	Rd52c763c-MerkuryevIV-1e4a883f

(подпись)

**И.В. Меркурьев**

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** состоит в изучении и экспериментальном исследовании алгоритмов управления движением роботов и мехатронных устройств.

### Задачи дисциплины

- изучение математических моделей колёсных и манипуляционных роботов, используемых для синтеза законов управления;
- изучение основных принципов управления роботами и мехатронными устройствами;
- изучение типовых законов управления движением роботов;
- экспериментальное исследование динамики управляемого движения роботов.

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
ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ИД-1 <sub>ОПК-4</sub> Использует современные языки и системы программирования для решения профессиональных задач	уметь: - разрабатывать программное обеспечение для моделирования и реализации алгоритмов управления манипуляционными роботами; - разрабатывать программное обеспечение для реализации алгоритмов управления мобильными колёсными роботами.
ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ИД-2 <sub>ОПК-4</sub> Применяет современные математические пакеты для моделирования и исследования динамики систем, управляемого движения мехатронных и робототехнических устройств	уметь: - проводить численное моделирование управляемого движения роботов и мехатронных систем в математических пакетах.
ОПК-11 Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники	ИД-1 <sub>ОПК-11</sub> Способен проводить синтез алгоритмов управления мехатронными и робототехническими устройствами по заданным характеристикам качества регулирования	знать: - основные принципы и алгоритмы управления мобильными роботами; - основные принципы и алгоритмы управления манипуляционными роботами; - основные методы стабилизации динамики мехатронных систем.  уметь: - разрабатывать алгоритмы управления мобильными роботами и проводить экспериментальное исследование управляемого движения; - разрабатывать алгоритмы управления манипуляторами на кинематическом уровне и проводить экспериментальное исследование управляемого движения;

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем		- проводить синтез стабилизирующего управления по оценке вектора состояния мехатронной системы.
ПК-1 Способен участвовать в проектировании и конструировании экспериментальных макетов мехатронных и робототехнических систем, изделий детской и образовательной робототехники	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Способен выполнять разработку схемотехнических решений и проведения расчетов опытных образцов мехатронных и робототехнических устройств, изделий детской и образовательной робототехники с применением современных компьютерных технологий	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы кинематики и динамики манипуляционных роботов;</li> <li>- основы кинематики и динамики мобильных роботов.</li> </ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разрабатывать динамические модели манипуляционных роботов;</li> <li>- разрабатывать кинематические и динамические модели мобильных роботов на уровне, необходимом для решения задач управления.</li> </ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Компьютерные технологии управления в робототехнике и мехатронике (далее – ОПОП), направления подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основы линейной алгебры и аналитической геометрии, теоретической механики, теории автоматического управления, теории устойчивости движения
- знать аппаратный состав систем управления и информационно-измерительной систем мехатронных и робототехнических устройств
- уметь разрабатывать программное обеспечение в математических пакетах для анализа результатов экспериментов
- уметь разрабатывать программное обеспечение на языках C++ или Python, MATLAB или Scilab

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 8 зачетных единиц, 288 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	Динамика и управление движением омни-роботов	72	7	8	24	10	-	-	-	-	-	30	-	<p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задание ориентировано на решения задачи по теме "Динамика и управление движением омни-роботов", включающей проведение численного моделирования движения системы, определения коэффициентов усиления и анализа точности управления</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Динамика и управление движением омни-роботов"</p> <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 "Динамика и управление движением омни-роботов" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу "Динамика и управление движением омни-роботов" и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Динамика и управление движением омни-роботов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p>
1.1	Динамика и управление движением омни-роботов	72		8	24	10	-	-	-	-	-	30	-	

														<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Динамика и управление движением омни-роботов"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 4-11, 38-51, 56-60</p>
2	Динамика и управление манипуляционными роботами	36		8	8	6	-	-	-	-	-	14	-	<p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задание ориентировано на решение задачи по теме "Динамика и управление манипуляционными роботами", включающей вывод уравнений динамики манипулятора на компьютере и расчёта управляющих воздействий</p>
2.1	Динамика и управление манипуляционными роботами	36		8	8	6	-	-	-	-	-	14	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Динамика и управление манипуляционными роботами"</p> <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 "Динамика и управление манипуляционными роботами" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Динамика и управление манипуляционными роботами" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Динамика и управление манипуляционными роботами"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p>

														[3], стр. 215-246
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0		16	32	16	-	2	-	-	0.5	44	33.5	
	Итого за семестр	144.0		16	32	16	2		-		0.5	77.5		
3	Управление манипуляционным роботом KUKA youBot	68	8	4	18	6	-	-	-	-	-	40	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Управление манипуляционным роботом KUKA youBot"
3.1	Управление манипуляционным роботом KUKA youBot	68		4	18	6	-	-	-	-	-	40	-	<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 "Управление манипуляционным роботом KUKA youBot" материалу. <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Управление манипуляционным роботом KUKA youBot" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Управление манипуляционным роботом KUKA youBot" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>
4	Стабилизация движения мобильных и манипуляционных роботов	40		8	6	6	-	-	-	-	-	20	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Стабилизация движения мобильных и манипуляционных роботов"
4.1	Стабилизация движения мобильных и манипуляционных роботов	40		8	6	6	-	-	-	-	-	20	-	<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

													<p>разделе "Стабилизация движения мобильных и манипуляционных роботов" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Стабилизация движения мобильных и манипуляционных роботов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Стабилизация движения мобильных и манипуляционных роботов"</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задание ориентировано на решение задачи по разделу "Стабилизация движения мобильных и манипуляционных роботов", включающей исследование управляемости и наблюдаемости системы, синтеза управляющих и наблюдающих устройств, моделирования управляемых процессов на компьютере</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 79-108</p>
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	12	24	12	-	2	-	-	0.5	60	33.5	
	Итого за семестр	144.0	12	24	12		2	-		0.5		93.5	
	<b>ИТОГО</b>	<b>288.0</b>	-	28	56	28	4	-		1.0		171.0	

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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. Динамика и управление движением омни-роботов

#### 1.1. Динамика и управление движением омни-роботов

Классификация и сферы применения мобильных (локомоционных) роботов. Типы шасси мобильных колёсных роботов. Типы омни-колёс: ортогональные и меканум-колёса. Модели идеальных омни-колёс. Кинематический анализ платформы с меканум-колёсами (на примере KUKA youBot) и с ортогональными омни-колёсами. Основные принципы навигации мобильных роботов. Задача одометрической навигации платформы с омни-колёсами. Типовые алгоритмы траекторного управления мобильными роботами. Динамика мобильных роботов с роликонесущими колёсами (на примере KUKA youBot). Типовые алгоритмы регулирования скоростей вращения колёс. Аппаратный состав системы управления и информационно-измерительной системы youBot. Управление мобильной платформой KUKA youBot средствами youBot API. Экспериментальное исследование кинематики и динамики мобильной платформы youBot. Идентификация параметров её динамической модели.

### 2. Динамика и управление манипуляционными роботами

#### 2.1. Динамика и управление манипуляционными роботами

Классификация и сферы применения манипуляционных роботов. Конструкция манипулятора робота KUKA youBot. Аналитическое и численное решение прямой и обратной задач кинематики для мобильного манипулятора youBot. Управление манипуляторами по положению, скорости, ускорению, силе. Типовые алгоритмы управления положением звена робота youBot.

### 3. Управление манипуляционным роботом KUKA youBot

#### 3.1. Управление манипуляционным роботом KUKA youBot

Управление манипулятором KUKA youBot средствами youBot API. Экспериментальное исследование кинематики и динамики манипулятора робота youBot. Программная реализация алгоритмов перемещения схвата вдоль заданной траектории. Задача стабилизации положения звена манипулятора. Типовые законы регулирования и их свойства. Влияния запаздывания, нежёсткости элементов механических передач, люфтов, ограничений на управляющее воздействие на точность управления и устойчивость системы. Математическое моделирование управляемого движения звена в средах MATLAB Simulink или Scilab Xcos.

### 4. Стабилизация движения мобильных и манипуляционных роботов

#### 4.1. Стабилизация движения мобильных и манипуляционных роботов

«Неполноприводные» (underactuated) системы; их примеры. Задача стабилизации движения транспортного средства Segway. Линеаризация уравнений динамики Segway в окрестности программного движения. Анализ управляемости и наблюдаемости линеаризованной системы. Синтез стабилизирующего управления модальным методом. Оптимальная линейно-квадратичная стабилизация. Алгебраическое уравнение Риккати и способы его решения. Управление по оценке состояния. Расчёт наблюдающих устройств. Моделирование движения Segway с найденным управлением.

## **3.3. Темы практических занятий**

### 1. Семестр 7

#### 1.1. Кинематический анализ мобильной платформы с омни- и меканум-колёсами (2

часа).

1.2. Контрольная работа (2 часа).

1.3. Одометрическая навигация и кинематические алгоритмы управления роботом youBot (2 часа).

1.4. Динамический анализ мобильной платформы с омни- и меканум-колёсами (2 часа).

1.5. Моделирование управляемого движения меканум-платформы (2 часа)

1.6. Кинематика и динамика пространственного манипулятора (4 часа)

1.7. Защита расчётного задания (2 часа);

2. Семестр 8

2.1. Кинематика манипулятора youBot (2 часа)

2.2. Решение прямой и обратной задач кинематики манипулятора youBot (2 часа)

2.3. Управление манипулятором youBot по векторам положения и скорости.

Стабилизация программной траектории (2 часа).

2.4. Вывод уравнений динамики Seagway. Исследование управляемости и наблюдаемости системы.

2.5. Решение задачи модальной и оптимальной стабилизации Segway (2 часа).

2.6. Синтез наблюдающего устройства в контуре управления Segway. Управление по оценке состояния (2 часа).

### 3.4. Темы лабораторных работ

1. Семестр 7

1.1. Программные средства youBot API для управления платформой youBot (4 часа).

1.2. Кинематическое управление мобильной платформой youBot (4 часа).

1.3. Навигация мобильной платформы youBot по одометрической информации (4 часа).

1.4. Движение платформы youBot вдоль траектории (2 часа)

1.5. Исследование динамики мобильной платформы youBot (4 часа).

1.6. Идентификация параметров динамической модели робота youBot (4 часа).

1.7. Защита лабораторных работ (2 часа).

1.8. Вывод уравнений движения манипулятора с применением математического пакета (4 часа).

1.9. Расчёт управляющих воздействий при перемещении звеньев манипулятора по заданному закону (4 часа);

2. Семестр 8

2.1. Программные средства youBot API для управления манипулятором youBot (2 часа).

2.2. Управление манипулятором youBot по положению (4 часа).

2.3. Защита лабораторных работ (2 часа).

2.4. Управление манипулятором youBot по скорости. Стабилизация программной траектории схвата (4 часа).

2.5. Защита лабораторных работ (2 часа).

2.6. Моделирование процессов управления звеном манипулятора в среде Scilab Xcos (MATLAB Simulink) (2 часа).

2.7. Защита лабораторных работ (2 часа).

2.8. Синтез и моделирование оптимального стабилизирующего управления средствами Scilab и Xcos (MATLAB Simulink) (4 часа).

2.9. Моделирование движения транспортного средства Segway. Синтез и исследование стабилизирующего управления (2 часа).

### 3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Динамика и управление движением омни-роботов"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Динамика и управление манипуляционными роботами"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Управление манипуляционным роботом KUKA youBot"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Стабилизация движения мобильных и манипуляционных роботов"

*Текущий контроль (ТК)*

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Динамика и управление движением омни-роботов"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Динамика и управление манипуляционными роботами"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Управление манипуляционным роботом KUKA youBot"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Стабилизация движения мобильных и манипуляционных роботов"

### **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 стабилизации динамики мехатронных систем	ИД-1 <sub>ОПК-11</sub>				+	Расчетно-графическая работа/Стабилизация программного движения «неполноприводной» системы по линейному приближению
основные принципы и алгоритмы управления манипуляционными роботами	ИД-1 <sub>ОПК-11</sub>				+	Лабораторная работа/Защита лабораторных работ. Блок «Управление манипуляционным роботом на основе решения обратной задачи о положениях» Лабораторная работа/Защита лабораторных работ. Блок «Управление манипуляционным роботом на основе решения обратной задачи о скоростях»
основные принципы и алгоритмы управления мобильными роботами	ИД-1 <sub>ОПК-11</sub>	+				Лабораторная работа/Защита лабораторных работ. Блок «Управление мобильным механум-роботом youBot»
основы кинематики и динамики мобильных роботов	ИД-1 <sub>ПК-1</sub>	+				Контрольная работа/Кинематический анализ мобильного робота с омни-колёсами Расчетно-графическая работа/Моделирование управляемого движения мобильного робота
основы кинематики и динамики манипуляционных роботов	ИД-1 <sub>ПК-1</sub>		+			Расчетно-графическая работа/Динамика пространственного манипулятора
<b>Уметь:</b>						
разрабатывать программное обеспечение для реализации алгоритмов управления мобильными колёсными роботами	ИД-1 <sub>ОПК-4</sub>	+				Лабораторная работа/Подготовка к циклу работ по управлению механум-платформой youBot
разрабатывать программное обеспечение для моделирования и реализации алгоритмов	ИД-1 <sub>ОПК-4</sub>			+		Лабораторная работа/Подготовка к циклу работ по управлению манипулятором youBot

управления манипуляционными роботами						
проводить численное моделирование управляемого движения роботов и мехатронных систем в математических пакетах	ИД-2 <sub>ОПК-4</sub>	+				Расчетно-графическая работа/Моделирование управляемого движения мобильного робота
проводить синтез стабилизирующего управления по оценке вектора состояния мехатронной системы	ИД-1 <sub>ОПК-11</sub>				+	Расчетно-графическая работа/Стабилизация программного движения «неполноприводной» системы по линейному приближению
разрабатывать алгоритмы управления манипуляторами на кинематическом уровне и проводить экспериментальное исследование управляемого движения	ИД-1 <sub>ОПК-11</sub>				+	Лабораторная работа/Защита лабораторных работ. Блок «Управление манипуляционным роботом на основе решения обратной задачи о положениях» Лабораторная работа/Защита лабораторных работ. Блок «Управление манипуляционным роботом на основе решения обратной задачи о скоростях»
разрабатывать алгоритмы управления мобильными роботами и проводить экспериментальное исследование управляемого движения	ИД-1 <sub>ОПК-11</sub>	+				Лабораторная работа/Защита лабораторных работ. Блок «Управление мобильным механум-роботом youBot»
разрабатывать кинематические и динамические модели мобильных роботов на уровне, необходимом для решения задач управления	ИД-1 <sub>ПК-1</sub>	+				Контрольная работа/Кинематический анализ мобильного робота с омни-колёсами
разрабатывать динамические модели манипуляционных роботов	ИД-1 <sub>ПК-1</sub>		+			Расчетно-графическая работа/Динамика пространственного манипулятора

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

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

#### **7 семестр**

Форма реализации: Допуск к лабораторной работе

1. Подготовка к циклу работ по управлению механум-платформой youBot (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Кинематический анализ мобильного робота с омни-колёсами (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Динамика пространственного манипулятора (Расчетно-графическая работа)
2. Моделирование управляемого движения мобильного робота (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Защита лабораторных работ. Блок «Управление мобильным механум-роботом youBot» (Лабораторная работа)

#### **8 семестр**

Форма реализации: Допуск к лабораторной работе

1. Подготовка к циклу работ по управлению манипулятором youBot (Лабораторная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Стабилизация программного движения «неполноприводной» системы по линейному приближению (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Защита лабораторных работ. Блок «Управление манипуляционным роботом на основе решения обратной задачи о положениях» (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторных работ. Блок «Управление манипуляционным роботом на основе решения обратной задачи о скоростях» (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

#### *Экзамен (Семестр №7)*

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

#### *Экзамен (Семестр №8)*

Оценка за экзамен определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих. Оценка выносится в приложение к диплому.

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

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1 Печатные и электронные издания:

1. Кинематика, динамика и управление движением мобильного робота-манипулятора KUKA youBot : учебное пособие по курсам "Основы механики роботов", "Основы мехатроники и робототехники" по направлению "Мехатроника и робототехника" / Б. И. Адамов, О. М. Капустина, И. В. Меркурьев, Г. В. Панкратьева, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2018 . – 71 с. - ISBN 978-5-7046-1978-9 .

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10228;](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10228)

2. Лившиц К. И., Параев Ю. И.- "Теория управления", Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2020 - (232 с.)

[https://e.lanbook.com/book/133923;](https://e.lanbook.com/book/133923)

3. Крутько, П. Д. Управление исполнительными системами роботов / П. Д. Крутько . – М. : Наука, 1991 . – 336 с. – (Научные основы робототехники) . - ISBN 5-02-014592-0 ..

### 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";

2. Office;

3. Windows;

4. Matlab;

5. Майнд Видеоконференции;

6. Антиплагиат ВУЗ;

7. Scilab;

8. Dev-C++;

9. ОС Linux.

### 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. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	С-213, Учебная аудитория	стол, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Б-415, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	С-215, Учебная аудитория	стол, стул, доска меловая
	С-213, Учебная аудитория	стол, стул, доска меловая

	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	С-200, Компьютерный класс каф. "РМДиПМ"	стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный
	С-217, Учебная лаборатория мобильных роботов	стол, стул, оборудование учебное
	С-213, Учебная аудитория	стол, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	С-215, Учебная аудитория	стол, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Б-411, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
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
	С-200, Компьютерный класс каф. "РМДиПМ"	стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный
Помещения для консультирования	С-212, Кабинет сотрудников	стол, стул, шкаф, компьютер персональный, принтер
	С-214, Кабинет сотрудников	стол, стул, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	С-114/1, Массажная	



## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Управление роботами и мехатронными устройствами

(название дисциплины)

#### 7 семестр

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

- КМ-1 Подготовка к циклу работ по управлению механум-платформой youBot (Лабораторная работа)
- КМ-2 Кинематический анализ мобильного робота с омни-колёсами (Контрольная работа)
- КМ-3 Моделирование управляемого движения мобильного робота (Расчетно-графическая работа)
- КМ-4 Защита лабораторных работ. Блок «Управление мобильным механум-роботом youBot» (Лабораторная работа)
- КМ-5 Динамика пространственного манипулятора (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	3	4	8	12	15
1	Динамика и управление движением омни-роботов						
1.1	Динамика и управление движением омни-роботов		+	+	+	+	
2	Динамика и управление манипуляционными роботами						
2.1	Динамика и управление манипуляционными роботами						+
Вес КМ, %:			10	20	20	25	25

#### 8 семестр

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

- КМ-1 Подготовка к циклу работ по управлению манипулятором youBot (Лабораторная работа)
- КМ-2 Защита лабораторных работ. Блок «Управление манипуляционным роботом на основе решения обратной задачи о положениях» (Лабораторная работа)
- КМ-3 Защита лабораторных работ. Блок «Управление манипуляционным роботом на основе решения обратной задачи о скоростях» (Лабораторная работа)
- КМ-4 Стабилизация программного движения «неполноприводной» системы по линейному приближению (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	3	5	8	11

1	Управление манипуляционным роботом KUKA youBot				
1.1	Управление манипуляционным роботом KUKA youBot	+	+	+	
2	Стабилизация движения мобильных и манипуляционных роботов				
2.1	Стабилизация движения мобильных и манипуляционных роботов				+
Вес КМ, %:		20	25	25	30