

**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**  
**СПЕЦИАЛЬНЫЕ ГЛАВЫ МЕХАНИКИ РОБОТОВ**


<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>Б4.Ч.02.03</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>8 семестр - 2;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>72 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>8 семестр - 12 часов;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>8 семестр - 12 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>8 семестр - 47,7 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>Расчетно-графическая работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>8 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2021**

**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:** освоение дополнительных разделов механики, используемых для решения некоторых задач робототехники

### Задачи дисциплины

- изучение аналитических методов решения обратных задач кинематики роботов;
- изучение динамики мобильных роботов как неголономных систем;
- приобретение навыков решения задач механики роботов в математических пакетах;
- изучение методов анализа конфигураций манипуляционных 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
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	знать: - методы исследования динамики неголономных систем; - числовые характеристики конфигураций манипулятора; - основные методы аналитического решения обратных задач кинематики роботов.  уметь: - получать уравнения динамики роботов, используя математические пакеты; - проводить исследование числовых характеристик конфигураций манипулятора; - решать обратные задачи кинематики роботов, используя математические пакеты.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к факультативным дисциплинам 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 механики манипуляционных роботов
- знать основы математического анализа, линейной алгебры и аналитической геометрии
- уметь использовать современные математические пакеты для решения стандартных задач

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 2 зачетных единицы, 72 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	Специальные задачи кинематики роботов	35	8	7	-	8	-	-	-	-	-	20	-	<p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Выполнение задания в части аналитического исследования кинематики манипуляционного робота</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Специальные задачи кинематики роботов"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], гл. 1 [2], гл. 1, 2</p>
1.1	Аналитическое решение задач кинематики манипуляционных роботов	18		4	-	4	-	-	-	-	-	10	-	
1.2	Исследование манипулятивности конфигураций. Сингулярные конфигурации	17		3	-	4	-	-	-	-	-	10	-	
2	Основы динамики мобильных колёсных роботов	19		5	-	4	-	-	-	-	-	10	-	
2.1	Основы динамики мобильных колёсных роботов	19		5	-	4	-	-	-	-	-	10	-	
	Зачет с оценкой	18.0		-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>72.0</b>		<b>12</b>	<b>-</b>	<b>12</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>30</b>	<b>17.7</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>72.0</b>		<b>12</b>	<b>-</b>	<b>12</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>30</b>	<b>47.7</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. Специальные задачи кинематики роботов

##### 1.1. Аналитическое решение задач кинематики манипуляционных роботов

Прямая и обратная задачи кинематики манипуляторов. Аналитическое решение прямой задачи кинематики мобильного манипулятора youBot. Аналитическое решение обратной задачи кинематики мобильного манипулятора youBot. Аналитическое решение задач кинематики роботов в математических пакетах.

##### 1.2. Исследование манипулятивности конфигураций. Сингулярные конфигурации

Якобиан манипулятора. Понятие о сингулярных конфигурациях. Сингулярные направления. Анализ движений, реализация которых невозможна в сингулярных конфигурациях (на примере робота youBot). Понятие о манипулятивности конфигурации. Исследование манипулятивности в математических пакетах. Задача синтеза траектории выходного звена робота с максимизацией манипулятивности.

#### 2. Основы динамики мобильных колёсных роботов

##### 2.1. Основы динамики мобильных колёсных роботов

Мобильные колёсные роботы как неголономные механические системы. Описание динамики неголономных систем с помощью уравнений Лагранжа с неопределёнными множителями и уравнений Аппеля. Вывод уравнений динамики мобильной механум-платформы робота youBot. Исследование динамики роботов с помощью математических пакетов.

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

1. Аналитическое решение задач кинематики мобильного манипулятора youBot (4 часа)
2. Исследование манипулятивности мобильного манипулятора youBot (2 часа)
3. Исследование сингулярных конфигураций мобильного манипулятора youBot (2 часа)
4. Уравнения Лагранжа с неопределёнными множителями (2 часа)
5. Уравнения Аппеля (2 часа).

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Специальные задачи кинематики роботов"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Основы динамики мобильных колёсных 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	
<b>Знать:</b>				
основные методы аналитического решения обратных задач кинематики роботов	ИД-1ПК-1	+		Расчетно-графическая работа/Выполнение части 1 РГР
числовые характеристики конфигураций манипулятора	ИД-1ПК-1	+		Расчетно-графическая работа/Выполнение части 2 РГР
методы исследования динамики неголономных систем	ИД-1ПК-1		+	Расчетно-графическая работа/Выполнение части 3 РГР
<b>Уметь:</b>				
решать обратные задачи кинематики роботов, используя математические пакеты	ИД-1ПК-1	+		Расчетно-графическая работа/Выполнение части 1 РГР
проводить исследование числовых характеристик конфигураций манипулятора	ИД-1ПК-1	+		Расчетно-графическая работа/Выполнение части 2 РГР
получать уравнения динамики роботов, используя математические пакеты	ИД-1ПК-1		+	Расчетно-графическая работа/Выполнение части 3 РГР

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

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

**8 семестр**

Форма реализации: Проверка задания

1. Выполнение части 1 РГР (Расчетно-графическая работа)
2. Выполнение части 2 РГР (Расчетно-графическая работа)
3. Выполнение части 3 РГР (Расчетно-графическая работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет с оценкой (Семестр №8)*

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

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

**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 КУКА 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. А. Г. Булгаков, В. А. Воробьев, В. П. Попов- "Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление", Издательство: "СОЛОН-ПРЕСС", Москва, 2008 - (486 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=117812>.

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

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;
5. Scilab.

### **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. 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>

#### **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

<b>Тип помещения</b>	<b>Номер аудитории, наименование</b>	<b>Оснащение</b>
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	С-213, Учебная аудитория	стол, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	С-215, 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
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-212, Кабинет сотрудников	стол, стул, шкаф, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	С-114/1, Массажная	

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Специальные главы механики роботов

(название дисциплины)

#### 8 семестр

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

КМ-1 Выполнение части 1 РГР (Расчетно-графическая работа)

КМ-2 Выполнение части 2 РГР (Расчетно-графическая работа)

КМ-3 Выполнение части 3 РГР (Расчетно-графическая работа)

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

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	4	8	11
1	Специальные задачи кинематики роботов				
1.1	Аналитическое решение задач кинематики манипуляционных роботов		+		
1.2	Исследование манипулятивности конфигураций. Сингулярные конфигурации			+	
2	Основы динамики мобильных колёсных роботов				
2.1	Основы динамики мобильных колёсных роботов				+
Вес КМ, %:			30	30	40