

**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**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Специальные главы механики роботов**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	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)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	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)

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

(подпись)

И.В.

Меркурьев

(расшифровка  
подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен участвовать в проектировании и конструировании экспериментальных макетов мехатронных и робототехнических систем, изделий детской и образовательной робототехники

ИД-1 Способен выполнять разработку схмотехнических решений и проведения расчетов опытных образцов мехатронных и робототехнических устройств, изделий детской и образовательной робототехники с применением современных компьютерных технологий

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

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)

### БРС дисциплины

8 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %			
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
	Срок КМ:	4	8	11
Специальные задачи кинематики роботов				
Аналитическое решение задач кинематики манипуляционных роботов		+		
Исследование манипулятивности конфигураций. Сингулярные конфигурации			+	
Основы динамики мобильных колёсных роботов				
Основы динамики мобильных колёсных роботов				+
	Вес КМ:	30	30	40

§Общая часть/Для промежуточной аттестации§

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	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> <p>методы исследования динамики неавтономных систем</p> <p>числовые характеристики конфигураций манипулятора</p> <p>основные методы аналитического решения обратных задач кинематики роботов</p> <p>Уметь:</p> <p>получать уравнения динамики роботов, используя математические пакеты</p> <p>проводить исследование числовых характеристик конфигураций манипулятора</p> <p>решать обратные задачи кинематики роботов, используя математические пакеты</p>	<p>Выполнение части 1 РГР (Расчетно-графическая работа)</p> <p>Выполнение части 2 РГР (Расчетно-графическая работа)</p> <p>Выполнение части 3 РГР (Расчетно-графическая работа)</p>

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Выполнение части 1 РГР

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

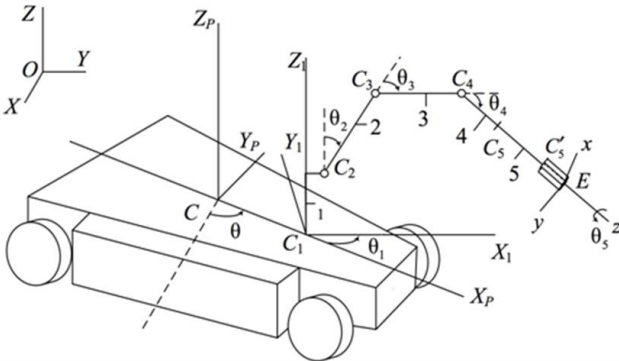
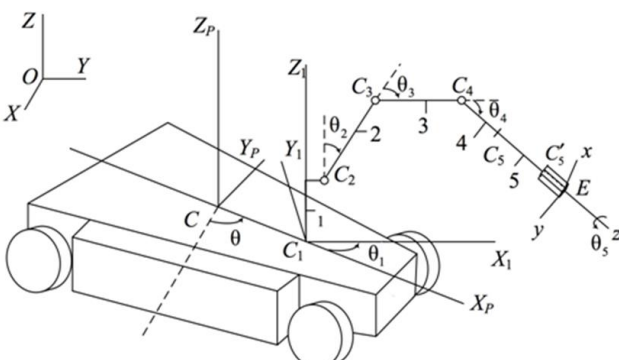
**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполняется проверка выполненного студентами задания

#### Краткое содержание задания:

Провести аналитическое решение задач кинематики манипулятора в математическом пакете

#### Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: основные методы аналитического решения обратных задач кинематики роботов</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Постановка прямой задачи кинематики</li> <li>2. Постановка обратной задачи кинематики</li> <li>3. Изложите методы аналитического решения обратной задачи кинематики</li> </ol>
<p>Уметь: решать обратные задачи кинематики роботов, используя математические пакеты</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Решить прямую задачу о положениях мобильного манипулятора KUKA youBot в математическом пакете</li> </ol>  <ol style="list-style-type: none"> <li>2. Решить обратную задачу о положениях мобильного манипулятора KUKA youBot в математическом пакете</li> </ol> 

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 95

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания:

## КМ-2. Выполнение части 2 РГР

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

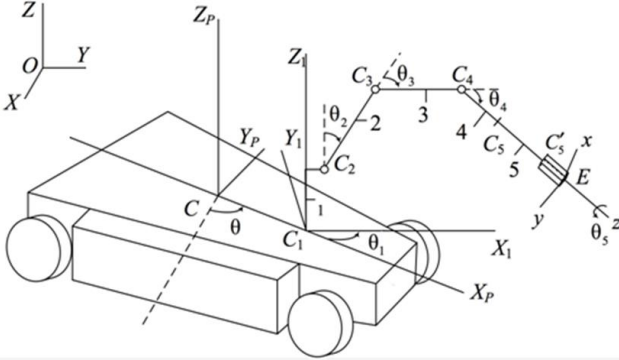
**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполняется проверка выполненного студентами задания

**Краткое содержание задания:**

Провести анализ манипулятивности конфигурации робота. Провести анализ сингулярных конфигураций

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: числовые характеристики конфигураций манипулятора	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Что такое сингулярная конфигурация робота?</li><li>2.Что такое сингулярное направление?</li><li>3.Что такое манипулятивность? Что она характеризует?</li></ol>
Уметь: проводить исследование числовых характеристик конфигураций манипулятора	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Получить матрицу Якоби манипулятора КУКА youBot</li></ol>  <p>The diagram shows a KUKA youBot robot arm with a base and a gripper. It features several coordinate systems: a base system (X, Y, Z), a platform system (X<sub>p</sub>, Y<sub>p</sub>, Z<sub>p</sub>), a wrist system (X<sub>1</sub>, Y<sub>1</sub>, Z<sub>1</sub>), and a gripper system (x, y, z). Joints are labeled C<sub>1</sub> through C<sub>5</sub>, and angles are labeled θ<sub>1</sub> through θ<sub>5</sub>. The gripper is labeled E.</p> <ol style="list-style-type: none"><li>2.Определить сингулярные конфигурации манипулятора. Исследовать движения, невозможные в таких конфигурациях</li><li>3.Получить манипулятивность конфигурации робота youBot как функцию обобщённых координат. Выявить конфигурации с максимальной манипулятивностью</li></ol>

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 95

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания:

### КМ-3. Выполнение части 3 РГР

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

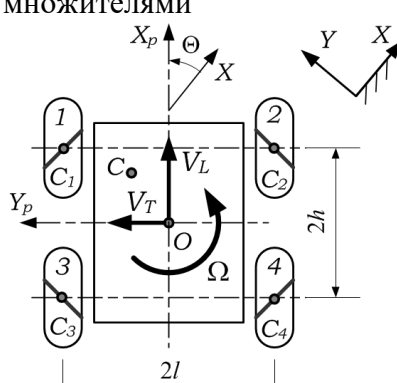
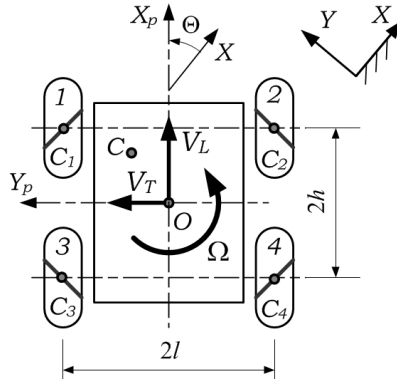
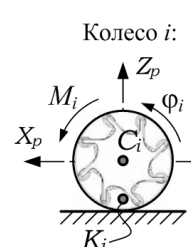
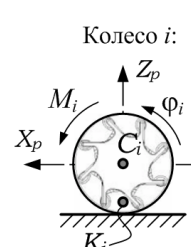
**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 40

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выполняется проверка выполненного студентами задания

**Краткое содержание задания:**

Получить уравнения динамики шасси мобильного робота

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: методы исследования динамики неголономных систем</p>	<p>1. Какие физические условия определяют неголономные связи, налагаемые на движение мобильного робота? 2. Запишите уравнения Лагранжа с неопределёнными множителями для мобильного робота 3. Запишите уравнения Аппеля для мобильного робота</p>
<p>Уметь: получать уравнения динамики роботов, используя математические пакеты</p>	<p>1. Получить уравнения динамики робота, используя уравнения Лагранжа с неопределёнными множителями</p>  <p>2. Получить уравнения динамики робота, используя уравнения Аппеля</p>  <p>3. Провести моделирование траекторного движения</p> <p>Колесо <math>i</math>:</p>  <p>Колесо <math>i</math>:</p> 

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 95*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:*



# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

1. Понятие о сингулярных конфигурациях. Сингулярные направления
2. Уравнения Лагранжа с неопределёнными множителями

Процедура проведения

Зачёт проводится в письменной форме по билетам

*1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

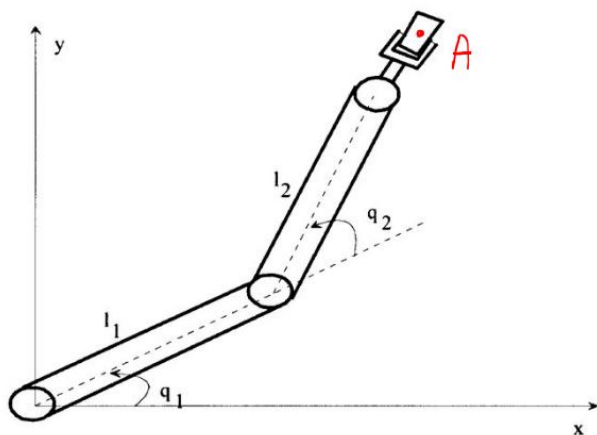
**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1ПК-1 Способен выполнять разработку схмотехнических решений и проведения расчетов опытных образцов мехатронных и робототехнических устройств, изделий детской и образовательной робототехники с применением современных компьютерных технологий

Вопросы, задания

1. Постановка задач кинематики манипуляторов
2. Аналитическое решение прямой задачи кинематик манипулятора youBot
3. Аналитическое решение задачи кинематик манипулятора youBot
4. Манипулятивность. Связь манипулятивности и сингулярности конфигурации
5. Задача построения траектории выходного звена манипулятора с максимизацией манипулятивности
6. Уравнения Лагранжа с неопределёнными множителями
7. Уравнения Аппеля
8. Мобильные колёсные роботы как неголономные системы
9. Вывод уравнений динамики меканум-платформы youBot

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Решение прямой задачи кинематики двухзвенного робота задаётся формулами:

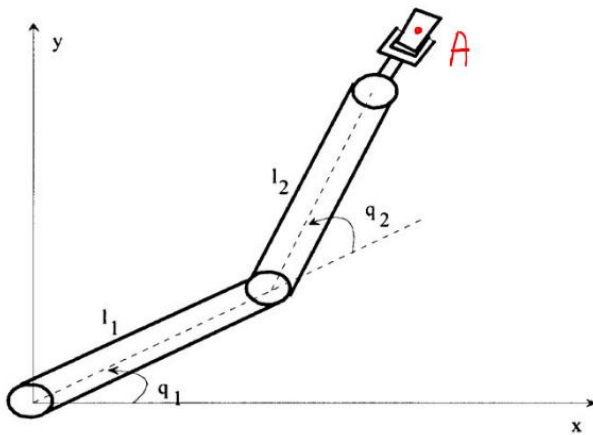


Ответы:

1.  $x_A = L_1 \cos(q_1) + L_2 \cos(q_2)$ ,  $y_A = L_1 \sin(q_1) + L_2 \sin(q_2)$
2.  $x_A = L_1 \cos(q_1) + L_2 \cos(q_1 + q_2)$ ,  $y_A = L_1 \sin(q_1) + L_2 \sin(q_1 + q_2)$
3.  $x_A = L_1 \cos(q_1) + L_2 \sin(q_1 + q_2)$ ,  $y_A = L_1 \sin(q_1) + L_2 \cos(q_1 + q_2)$

Верный ответ: 2

2. Манипулятивность двухзвенного манипулятора задаётся формулой:

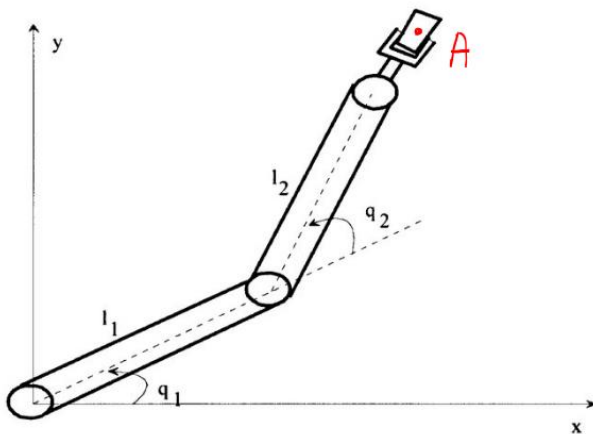


Ответы:

1.  $M = L1 * L2 * |\cos(q2)|$
2.  $M = L1 * L2 * |\sin(q1 + q2)|$
3.  $M = L1 * L2 * |\sin(q2)|$

Верный ответ: 3

3. Сингулярная конфигурация двухзвенного манипулятора имеет место при:



Ответы:

1.  $q2 = 0, q2 = \pi$
2.  $q2 = \pi/2, q2 = 0$
3.  $q1 = q2 = \pi$

Верный ответ: 1

4. Модуль определителя матрицы Якоби манипулятора это:

Ответы:

1. Сингулярность
2. Манипулятивность
3. Динамическая манипулятивность

Верный ответ: 2

5. В сингулярной конфигурации манипулятивность:

Ответы:

1. Равна нулю
2. Максимальна
3. Не определена

Верный ответ: 1

6. Неголономные связи, налагаемые на движение колёсного робота, определяются:

Ответы:

1. условием движения тел без деформаций

2. условиями непроскальзывания колёс

3. условием трансверсальности

Верный ответ: 2

7. Какие уравнения из перечисленных нельзя использовать для описания динамики неголономной системы?

Ответы:

1. Лагранжа с неопределёнными множителями

2. Аппеля

3. Лагранжа второго рода

Верный ответ: 3

8. При выводе уравнений Лагранжа с неопределёнными множителями

Ответы:

1. условия неголономных связей нельзя подставлять в кинетическую энергию

2. условия неголономных связей можно подставлять в кинетическую энергию

1. условия неголономных связей нужно подставлять в кинетическую энергию

Верный ответ: 1

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания: Ответы даны верно, ответы полные*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Ответы даны в целом верно, ответы неполные*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Ответы даны с ошибками, ответы неполные*

## **III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**

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