

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

---

Направление подготовки/специальность: 15.04.06 Мехатроника и робототехника

Наименование образовательной программы: Разработка компьютерных технологий управления и математического моделирования в робототехнике и мехатронике

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ МОБИЛЬНЫХ КОЛЕСНЫХ РОБОТОВ**

<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.03.01.01
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	2 семестр - 4;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	144 часа
<b>Лекции</b>	2 семестр - 16 часов;
<b>Практические занятия</b>	2 семестр - 48 часа;
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	2 семестр - 2 часа;
<b>Самостоятельная работа</b>	2 семестр - 77,5 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> Контрольная работа Расчетно-графическая работа Коллоквиум	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	2 семестр - 0,5 часа;

**Москва 2020**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

**Преподаватель**

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Кобрин А.И.
	Идентификатор	R1f56b9b2-KobrinAI-2633e8f9

(подпись)


**А.И. Кобрин**

(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	Свириденко О.В.
	Идентификатор	R9097b88f-SviridenkoOV-16830d5

(подпись)


**О.В.**

**Свириденко**

(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	Меркурьев И.В.
	Идентификатор	Rd52c763c-MerkuryevIV-1e4a883

(подпись)

**И.В. Меркурьев**

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение теоретических основ динамики, управления и навигации мобильных роботов и используемого в ней вспомогательного математического аппарата, а также освоение способов построения и компьютерной реализации математических моделей колёсных роботов

### Задачи дисциплины

- изучение основных понятий, концепций и алгоритмов динамики, управления и навигации мобильных роботов;
- овладение важнейшими методами решения прикладных задач в области динамики мобильных роботов;
- формирование устойчивых навыков по применению арсенала методов динамики мобильных роботов при научном анализе ситуаций, с которыми специалисту приходится сталкиваться в ходе создания новой техники и новых технологий;
- ознакомление с историей и логикой развития динамики мобильных 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 разрабатывать техническое задание на проектирование мехатронных и робототехнических систем их подсистем, участвовать в разработке конструкторской и проектной документации в соответствии с имеющимися стандартами и техническими условиями	ИД-3 <sub>ПК-1</sub> Выбирает оптимальные решения при разработке мехатронных и робототехнических систем и их подсистем на основе анализа и обобщения отечественного и зарубежного опыта в области их проектирования	знать: - типовые современные алгоритмы регулирования движения мобильных роботов, в том числе алгоритмы траекторного управления; - приборный состав навигационных систем роботов, принципы работы навигационных датчиков.  уметь: - подбирать типовые алгоритмы управления и навигации мобильных роботов, исходя из поставленной задачи.
ПК-2 Способен организовывать и проводить исследования мехатронных и робототехнических систем и их подсистем с учетом требований заказчиков	ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Разрабатывает действующие макеты и опытные образцы управляющих, информационных и исполнительных модулей мехатронных и робототехнических систем и проводит эксперименты с применением современных информационных технологий и технических средств	знать: - методы разработки математических моделей мобильных колёсных роботов (в обобщённых координатах); - методы разработки математических моделей мобильных колёсных роботов (в псевдоскоростях).  уметь: - проводить численное моделирование управляемого движения мобильных колёсных роботов с учётом динамики шасси, функционирования навигационной системы, динамики приводов робота; - разрабатывать математические модели мобильных колёсных роботов (в

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		псевдоскоростях); - разрабатывать математические модели мобильных колёсных роботов (в обобщённых координатах).

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Разработка компьютерных технологий управления и математического моделирования в робототехнике и мехатронике (далее – ОПОП), направления подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основные законы теоретической и аналитической механики
- знать типовые законы регулирования
- уметь использовать основные законы и принципы теоретической и аналитической механики для анализа движения робототехнических систем
- уметь проводить численное моделирование динамических процессов в современных математических пакетах

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	Неголономные модели колёсных роботов в обобщённых скоростях	26	2	4	-	12	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Освоение материала, связанного с построением неголономных моделей колесных роботов, использующих наборы обобщенных координат и обобщенных скоростей</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Общее уравнение динамики. Возможные (виртуальные) перемещения. Изохронные вариации. Уравнения Лагранжа второго рода.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 1-15 [5], стр. 58-67</p>
1.1	Неголономные модели колёсных роботов в обобщённых скоростях	26		4	-	12	-	-	-	-	-	10	-	
2	Неголономные модели колёсных роботов в псевдоскоростях	44		6	-	24	-	-	-	-	-	14	-	
2.1	Неголономные модели колёсных роботов в псевдоскоростях	44		6	-	24	-	-	-	-	-	14	-	

														<p>Построение динамических уравнений неголономных мобильных робототехнических систем, используя технику Маджи, применяющего для исключения из уравнений движения множителей Лагранжа введение класса псевдоскоростей.</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Освоение материала, связанного с введением псевдоскоростей и псевдокоординат, числа степеней свободы неголономных систем.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 38-45, 52-57</p>
3	Математические модели трицикла. Задачи навигации мобильных роботов	38	6	-	12	-	-	-	-	-	20	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Проработка материалов лекционных и практических занятий для подготовки к коллоквиуму</p>	
3.1	Математические модели трицикла	14	2	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Подготовка, выполнение и представление к защите комплексной расчетно-графической работы "Моделирование управляемого движения мобильного колесного робота"</p>	
3.2	Задачи навигации мобильных роботов	24	4	-	8	-	-	-	-	-	12	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Анализ конструктивных особенностей мобильных колесных робототехнических систем различного назначения: одноколесных, двухколесных, трехколесных с двумя ведущими и одним самоприводящимся колесом, многоколесных, роликонесущих. Знакомство с различными приводными системами от "дифференциального привода", до колесного робобуера. Освоение методов использования систем управления с неполной информацией для решения задач локальной и глобальной систем навигации.</p>	

													<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [3], стр. 176-207 [4], стр. 4-19, 25-32
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.0</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>48</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.5</b>	<b>44</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>144.0</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>48</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.5</b>	<b>77.5</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. Неголономные модели колёсных роботов в обобщённых скоростях

#### 1.1. Неголономные модели колёсных роботов в обобщённых скоростях

Области применения колёсных роботов (транспорт, охрана, сервис, медицина). Беспилотные транспортные средства и задача автономного интеллектуального управления автомобилем. Конструктивные особенности колёсных роботов и типы колёс. Проблема устойчивости колёсных аппаратов при больших скоростях. Неголономные связи и корректность моделей неголономной механики. Уравнения Лагранжа с неопределёнными множителями для неголономных механических систем. Механический смысл неопределённых множителей Лагранжа и уравнения для их определения. Матричные методы при составлении уравнений неголономных систем. Уравнения Воронца и уравнения Чаплыгина. Движение диска по горизонтальной абсолютно шероховатой поверхности. Двухпараметрическое семейство стационарных движений диска и возможные траектории точки контакта диска. Условия устойчивости стационарных движений. Точное интегрирование уравнений движения диска. Гипергеометрическое уравнение Гаусса. Сведение задачи о движении диска к исследованию системы с одной степенью свободы и сингулярной силовой функцией. Невозможность падения диска на плоскость для почти всех начальных условий. Движение тяжёлого диска с маховиком. Сведение задачи о диске с маховиком к неоднородному гипергеометрическому уравнению Гаусса. Принципы стабилизации моноциклов. Системы маховичной стабилизации для перевёрнутого маятника с колесом. Одноколёсный робот-моноцикл «Гироколесо». Гироскопическая стабилизация одноколёсных роботов.

### 2. Неголономные модели колёсных роботов в псевдоскоростях

#### 2.1. Неголономные модели колёсных роботов в псевдоскоростях

Уравнения Маджи. Движение конька на плоскости. Уравнения Эйлера – Лагранжа в псевдоскоростях. Принцип Гаусса (принцип наименьшего принуждения), его энергетическая трактовка. Уравнения Аппеля для неголономных механических систем. Структура функции Аппеля и уравнений Аппеля. Теорема Кёнига для функции Аппеля. Способы подсчета обобщённых сил в уравнениях Аппеля. Функция Аппеля для твёрдого тела с одной неподвижной точкой. Качение шара по шероховатой поверхности. Управление роботом шаровой формы. Введение псевдоскоростей для роботов с поворотными колёсами. Кинематические уравнения роботов с поворотными колёсами. Уравнения Аппеля для скейтборда и их анализ. Величина ускорения скейтборда при колебаниях колёсных пар.

### 3. Математические модели трицикла. Задачи навигации мобильных роботов

#### 3.1. Математические модели трицикла

Уравнения Аппеля для трицикла – трёхколесного робота с двумя ведущими колёсами и пассивным рояльным колесом. Уравнения двигателей постоянного тока. Стационарные движения трицикла при постоянных напряжениях на двигателях. Фазовая плоскость и типы бифуркаций при росте напряжений на двигателях. Построение программных движений трицикла по траектории, составленной из четвертей окружностей. Расчёт программных напряжений на двигателях робота. Условия реализуемости программных движений и зависимость скачков напряжений от гладкости программной траектории..

#### 3.2. Задачи навигации мобильных роботов

Сенсорные подсистемы автономных мобильных роботов и их чувствительные элементы. Принципы работы оптронной линейки и систем технического зрения. Оптические сенсоры



кругового обзора. Датчики углов поворотов колес. Волоконно-оптические и лазерные гироскопы. Кварцевые акселерометры. МЭМС-технологии и принципы работы микромеханических гироскопов и акселерометров. Ультразвуковые датчики. Дальномеры. Условия управляемости роботов с поворотными колёсами и роботов с рояльными колесами. Решение задачи наблюдаемости для разных наборов датчиков в мобильном роботе. Внешние и внутренние координаты мобильного робота. Прямая и обратная задача кинематики для колёсного робота. Алгоритмы автономной навигации колёсного робота. Уравнения для счисления пути. Уравнения ошибок навигационного алгоритма. Коррекция навигационных систем. Использование волоконно-оптических и лазерных гироскопов в навигационных задачах. Применение фильтра Калмана в задачах навигации мобильных колёсных роботов.

### 3.3. Темы практических занятий

1. Неголономные механические системы. Уравнения Лагранжа с неопределёнными множителями (4 часа).
2. Уравнения Лагранжа с неопределёнными множителями для робота-трицикла (4 часа).
3. Уравнения Лагранжа с неопределёнными множителями для трёхколёсной омни-платформы (2 часа).
4. Уравнения Лагранжа с неопределёнными множителями для четырёхколёсной механум-платформы (2 часа).
5. Псевдоскорости. Уравнения Маджи (4 часа).
6. Уравнения Маджи для робота-трицикла (4 часа).
7. Уравнения Маджи для робота с ведущим поворотным колесом (робоскутера) (2 часа).
8. Уравнения Аппеля. Энергия ускорений (2 часа).
9. Уравнения Аппеля для робота-трицикла (4 часа).
10. Уравнения Аппеля для робота с ведущим поворотным колесом (робоскутера) (4 часа).
11. Уравнения Аппеля для трёхколёсной омни-платформы (2 часа).
12. Уравнения Аппеля для четырёхколёсной механум-платформы (2 часа).
13. Задача построения траектории мобильного робота в стеснённой среде (2 часа).
14. Задача стабилизации траекторного движения мобильного робота (4 часа).
15. Навигация мобильных колёсных роботов (4 часа).
16. Коллоквиум (2 часа).

### 3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

### 3.5 Консультации

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Неголономные модели колёсных роботов в обобщённых скоростях"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Неголономные модели колёсных роботов в псевдоскоростях"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Математические модели трицикла. Задачи навигации мобильных роботов"

#### Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Неголономные модели колёсных роботов в обобщённых скоростях"

2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Неголономные модели колёсных роботов в псевдоскоростях"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Математические модели трицикла. Задачи навигации мобильных 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	
<b>Знать:</b>					
приборный состав навигационных систем роботов, принципы работы навигационных датчиков	ИД-3ПК-1			+	Коллоквиум/Динамика, управление и навигация мобильных роботов
типовые современные алгоритмы регулирования движения мобильных роботов, в том числе алгоритмы траекторного управления	ИД-3ПК-1			+	Коллоквиум/Динамика, управление и навигация мобильных роботов Расчетно-графическая работа/Моделирование управляемого движения мобильного колесного робота
методы разработки математических моделей мобильных колёсных роботов (в псевдоскоростях)	ИД-1ПК-2		+		Контрольная работа/Уравнения Аппеля Контрольная работа/Уравнения Маджи
методы разработки математических моделей мобильных колёсных роботов (в обобщённых координатах)	ИД-1ПК-2	+			Контрольная работа/Уравнения Лагранжа с неопределёнными множителями
<b>Уметь:</b>					
подбирать типовые алгоритмы управления и навигации мобильных роботов, исходя из поставленной задачи	ИД-3ПК-1			+	Расчетно-графическая работа/Моделирование управляемого движения мобильного колесного робота
разрабатывать математические модели мобильных колёсных роботов (в обобщённых координатах)	ИД-1ПК-2	+			Контрольная работа/Уравнения Лагранжа с неопределёнными множителями
разрабатывать математические модели мобильных колёсных роботов (в псевдоскоростях)	ИД-1ПК-2		+		Контрольная работа/Уравнения Аппеля Контрольная работа/Уравнения Маджи
проводить численное моделирование управляемого движения мобильных колёсных роботов с учётом динамики шасси, функционирования навигационной системы, динамики приводов робота	ИД-1ПК-2			+	Расчетно-графическая работа/Моделирование управляемого движения мобильного колесного робота

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

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

**2 семестр**

Форма реализации: Защита задания

1. Моделирование управляемого движения мобильного колесного робота (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Динамика, управление и навигация мобильных роботов (Коллоквиум)
2. Уравнения Аппеля (Контрольная работа)
3. Уравнения Лагранжа с неопределёнными множителями (Контрольная работа)
4. Уравнения Маджи (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Экзамен (Семестр №2)*

Оценка 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. Зацепин, М. Ф. Уравнения Лангранжа, Воронца, Чаплыгина в задачах динамики мобильных роботов : методическое пособие по курсу "Теоретические основы робототехники" по направлению "Роботы и робототехнические системы" / М. Ф. Зацепин, Ю. Г. Мартыненко, Д. В. Тиньков, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2005 . – 32 с.;
2. 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)
3. Матюхин В. И.- "Управление механическими системами", Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2009 - (320 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=59555;](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59555)
4. Пролетарский А. В., Неусыпин К. А., Кузнецов И. А.- "Алгоритмы коррекции навигационных систем", Издательство: "МГТУ им. Н.Э. Баумана", Москва, 2015 - (67 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=62072;](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=62072)

5. Солтаханов Ш. Х.- "Основы механики голономных и неголономных систем",  
Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2013 - (184 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=59673](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59673).

### 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office;
3. Windows;
4. Matlab;
5. Майнд Видеоконференции;
6. Антиплагиат ВУЗ;
7. Mathematica.

### 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. 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-205, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	С-213, Учебная аудитория	стол, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	С-213, Учебная аудитория	стол, стул, доска меловая
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-213, Учебная аудитория	стол, стул, доска меловая

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Управление движением мобильных колесных роботов

(название дисциплины)

#### 2 семестр

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

КМ-1 Уравнения Лагранжа с неопределёнными множителями (Контрольная работа)

КМ-2 Уравнения Маджи (Контрольная работа)

КМ-3 Уравнения Аппеля (Контрольная работа)

КМ-4 Моделирование управляемого движения мобильного колесного робота (Расчетно-графическая работа)

КМ-5 Динамика, управление и навигация мобильных роботов (Коллоквиум)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	12	15	15
1	Неголономные модели колёсных роботов в обобщённых скоростях						
1.1	Неголономные модели колёсных роботов в обобщённых скоростях		+				
2	Неголономные модели колёсных роботов в псевдоскоростях						
2.1	Неголономные модели колёсных роботов в псевдоскоростях			+	+		
3	Математические модели трицикла. Задачи навигации мобильных роботов						
3.1	Математические модели трицикла					+	+
3.2	Задачи навигации мобильных роботов					+	+
Вес КМ, %:			18	18	22	24	18