

**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: Интеллектуальные технологии управления в технических системах, обработка и анализ данных

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ И**  
**МАНИПУЛЯТОРАМИ**

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.06.02.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	3 семестр - 32 часа;
Практические занятия	не предусмотрено учебным планом
Лабораторные работы	3 семестр - 16 часов;
Консультации	3 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	3 семестр - 129,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Лабораторная работа	
Тестирование	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	3 семестр - 0,5 часа;

**Москва 2024**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Вершинин Д.В.
	Идентификатор	R37a53c2e-VershininDV-fb5ff249

Д.В. Вершинин

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

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

А.В. Бобряков

Заведующий выпускающей  
кафедрой

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

А.В. Бобряков

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** формирование у студентов знаний по основным принципам построения алгоритмов управления подвижными объектами и манипуляторами для целей оптимального управления конечным положением движущегося объекта, управления колебательными объектами, системами с перекрестными связями, с отражением усилий и с упругими кинематическими связями

### Задачи дисциплины

- изучение особенностей оптимального управления конечным положением движущегося объекта; объектов, содержащих колебательные звенья; двухсвязных объектов и управления человеко–машинными комплексами;
- формирование основных навыков, необходимых при синтезе алгоритмов терминального управления и управления колебательными объектами; при синтезе алгоритмов управления двухсвязными объектами, синтезе следящих систем с отражением усилий и с упругими кинематическими передачами для манипуляторов;
- развитие навыков принимать и обосновывать конкретные технические решения при синтезе алгоритмов для ряда систем управления подвижными объектами и проектировании систем управления приводами манипуляторов.

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: - терминологию предметной области, базовые структуры систем управления подвижными объектами и манипуляторами; - основные функциональные особенности построения систем управления подвижными объектами и манипуляторами; - современные методы анализ и синтеза систем управления подвижными объектами и манипуляторами.  уметь: - применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов, систем и процессов; - применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов; - выбирать методы и средства решения задач по анализу и синтезу систем управления.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО**

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Интеллектуальные технологии управления в технических системах, обработка и анализ данных (далее – ОПОП), направления подготовки 27.04.04 Управление в технических системах, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

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 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ 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	Терминальное управление движущимися объектами. Типовые задачи терминального управления	28.0	3	6.0	4.0	-	-	-	-	-	-	18.0	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Терминальное управление движущимися объектами. Типовые задачи терминального управления"</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе №1 необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Терминальное управление движущимися объектами. Типовые задачи терминального управления" материалу.</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Терминальное управление движущимися объектами. Типовые задачи терминального управления"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], Стр. 17-87 [2], Стр. 356-374 [3], Стр. 4-78 [5], Стр. 17-87</p>	
1.1	Введение. Задачи курса. Краткая характеристика разделов курса	1.8		0.4	0.2	-	-	-	-	-	-	-	1.2		-
1.2	Раздел «Терминальное управление»	1.8		0.4	0.2	-	-	-	-	-	-	-	1.2		-
1.3	Программное управление при решении оптимизационной задачи управления подвижными объектами	2.0		0.4	0.3	-	-	-	-	-	-	-	1.3		-
1.4	Уравнение Эйлера для решения краевой задачи	2.0		0.4	0.3	-	-	-	-	-	-	-	1.3		-
1.5	Оптимальное программное управление разворотом искусственного спутника земли (ИСЗ)	2.0		0.4	0.3	-	-	-	-	-	-	-	1.3		-

	на заданный угол												
1.6	Недостатки оптимального управления по программе	2.0	0.4	0.3	-	-	-	-	-	-	1.3	-	
1.7	Понятие об алгоритмах терминального управления для управления подвижными объектами	2.0	0.4	0.3	-	-	-	-	-	-	1.3	-	
1.8	Типовые задачи терминального управления	2.0	0.4	0.3	-	-	-	-	-	-	1.3	-	
1.9	Задача разгона	2.0	0.4	0.3	-	-	-	-	-	-	1.3	-	
1.10	Алгоритмы программного и терминального управления, доказательство их идентичности в отсутствии внешних неконтролируемых возмущений, действующих на объект	2.0	0.4	0.3	-	-	-	-	-	-	1.3	-	
1.11	Устранение особенностей в конечной точке в задаче разгона	2.0	0.4	0.3	-	-	-	-	-	-	1.3	-	
1.12	Сравнительный пример решения задачи разгона разными алгоритмами	2.0	0.4	0.3	-	-	-	-	-	-	1.3	-	
1.13	Алгоритмы терминального управления в задачах приведения,	2.2	0.6	0.3	-	-	-	-	-	-	1.3	-	

	разомкнутого и замкнутого по времени сближения													
1.14	Устранение особенностей в конечной точке для этих задач	2.2	0.6	0.3	-	-	-	-	-	-	1.3	-		
2	Навигационные системы для управления подвижными объектами. Акселерометры с электрическими пружинами	24.00	6.0	0	-	-	-	-	-	-	18	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b>  Повторение материала по разделу "Навигационные системы для управления подвижными объектами. Акселерометры с электрическими пружинами"  <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Навигационные системы для управления подвижными объектами. Акселерометры с электрическими пружинами"  <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>  [1], Стр. 17-87  [2], Стр. 356-374  [3], Стр. 127-149  [5], Стр. 17-87</p>	
2.1	Основные принципы, используемые при построении автономных систем инерциальной навигации (ИНС)	2.75	0.7	5	-	-	-	-	-	-	2	-		
2.2	Акселерометр – как базовый чувствительный элемент ИНС	2.75	0.7	5	-	-	-	-	-	-	2	-		
2.3	Основные требования к количеству и размещению акселерометров на борту движущегося объекта для обеспечения решения навигационной задачи	2.75	0.7	5	-	-	-	-	-	-	2	-		
2.4	Гиростабилизированная платформа в трехстепенном карданном подвесе	2.75	0.7	5	-	-	-	-	-	-	2	-		
2.5	Конструкция акселерометра с	2.75	0.7	5	-	-	-	-	-	-	2	-		



	управления с колебательным звеном с малым декрементом затухания												
4	Управление объектами с антисимметричными перекрестными связями	20	4	4	-	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Управление объектами с антисимметричными перекрестными связями"
4.1	Системы с перекрестными связями	5	1	1	-	-	-	-	-	-	3	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе №3 необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Управление объектами с антисимметричными перекрестными связями" материалу.
4.2	Частотные методы исследования двухкоординатных систем с перекрестными связями	5	1	1	-	-	-	-	-	-	3	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Управление объектами с антисимметричными перекрестными связями"
4.3	Датчик угловой скорости (ДУС), как пример системы с перекрестными антисимметричными перекрестными связями	5	1	1	-	-	-	-	-	-	3	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], Стр.271-294 [2], Стр. 356-374 [3], Стр. 127-149 [5], Стр. 271-294
4.4	Синтез корректирующих устройств в цепях обратных связей ДУС	5	1	1	-	-	-	-	-	-	3	-	
5	Системы управления с двигателями-маховиками	8.0	2.0	-	-	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Системы управления с двигателями-маховиками"
5.1	Система стабилизации углового положения искусственного спутника Земли (ИСЗ) с использованием	2.5	0.5	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Системы управления с двигателями-маховиками"



	на динамику и точность следящих систем управляющих степенями подвижности манипулятора												
6.7	Особенности построения манипуляторов при программном управлении	2.8	0.6	0.4	-	-	-	-	-	-	1.8	-	
6.8	Прямая и обратная задача кинематики при расчете характеристических координат рабочей точки	2.8	0.6	0.4	-	-	-	-	-	-	1.8	-	
6.9	Гибкие автоматизированные производства и их структура	2.8	0.6	0.4	-	-	-	-	-	-	1.8	-	
6.10	Технико-экономические аспекты внедрения робототехники в производство	2.8	0.6	0.4	-	-	-	-	-	-	1.8	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>180.00</b>	<b>32.0</b>	<b>16.0</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.5</b>	<b>96.0</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>180.00</b>	<b>32.0</b>	<b>16.0</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.5</b>	<b>96.0</b>	<b>33.5</b>	<b>129.5</b>	

**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. Терминальное управление движущимися объектами. Типовые задачи терминального управления

- 1.1. Введение. Задачи курса. Краткая характеристика разделов курса  
Понятие об алгоритмах терминального управления для управления подвижными объектами.
- 1.2. Раздел «Терминальное управление»  
Введение. Задачи курса. Краткая характеристика разделов курса.
- 1.3. Программное управление при решении оптимизационной задачи управления подвижными объектами  
Раздел «Терминальное управление».
- 1.4. Уравнение Эйлера для решения краевой задачи  
Программное управление при решении оптимизационной задачи управления подвижными объектами.
- 1.5. Оптимальное программное управление разворотом искусственного спутника земли (ИСЗ) на заданный угол  
Уравнение Эйлера для решения краевой задачи.
- 1.6. Недостатки оптимального управления по программе  
Оптимальное программное управление разворотом искусственного спутника земли (ИСЗ) на заданный угол.
- 1.7. Понятие об алгоритмах терминального управления для управления подвижными объектами  
Недостатки оптимального управления по программе.
- 1.8. Типовые задачи терминального управления  
Устранение особенностей в конечной точке для этих задач.
- 1.9. Задача разгона  
Типовые задачи терминального управления.
- 1.10. Алгоритмы программного и терминального управления, доказательство их идентичности в отсутствии внешних неконтролируемых возмущений, действующих на объект  
Задача разгона.
- 1.11. Устранение особенностей в конечной точке в задаче разгона  
Алгоритмы программного и терминального управления, доказательство их идентичности в отсутствии внешних неконтролируемых возмущений, действующих на объект.
- 1.12. Сравнительный пример решения задачи разгона разными алгоритмами  
Устранение особенностей в конечной точке в задаче разгона.

1.13. Алгоритмы терминального управления в задачах приведения, разомкнутого и замкнутого по времени сближения

Сравнительный пример решения задачи разгона разными алгоритмами.

1.14. Устранение особенностей в конечной точке для этих задач

Алгоритмы терминального управления в задачах приведения, разомкнутого и замкнутого по времени сближения.

## 2. Навигационные системы для управления подвижными объектами. Акселерометры с электрическими пружинами

2.1. Основные принципы, используемые при построении автономных систем инерциальной навигации (ИНС)

Гиростабилизированная платформа в трехстепенном карданном подвесе.

2.2. Акселерометр – как базовый чувствительный элемент ИНС

Основные принципы, используемые при построении автономных систем инерциальной навигации (ИНС).

2.3. Основные требования к количеству и размещению акселерометров на борту движущегося объекта для обеспечения решения навигационной задачи

Акселерометр – как базовый чувствительный элемент ИНС.

2.4. Гиростабилизированная платформа в трехстепенном карданном подвесе

Основные требования к количеству и размещению акселерометров на борту движущегося объекта для обеспечения решения навигационной задачи.

2.5. Конструкция акселерометра с витыми пружинами и ее недостатки

Настройка параметров ПИ и ПИД-регуляторов.

2.6. Акселерометр с электрической пружиной как замкнутая САУ

Конструкция акселерометра с витыми пружинами и ее недостатки.

2.7. Уравнения динамики, структурная схема. Использование изодромного (ПИ) регулятора в структуре электрической пружины

Акселерометр с электрической пружиной как замкнутая САУ.

2.8. Настройка параметров ПИ и ПИД-регуляторов

Уравнения динамики, структурная схема. Использование изодромного (ПИ) регулятора в структуре электрической пружины.

## 3. Одноосные гиростабилизаторы

3.1. Передаточные функции свободного гироскопа, связывающие его угловые перемещения при действии возмущающего момента вдоль оси чувствительности

Методы коррекции одноосного гиростабилизатора как системы автоматического управления с колебательным звеном с малым декрементом затухания.

3.2. Одноосный гироскопический стабилизатор с двухстепенным гироскопом

Передаточные функции свободного гироскопа, связывающие его угловые перемещения при действии возмущающего момента вдоль оси чувствительности.

### 3.3. Уравнения динамики

Одноосный гироскопический стабилизатор с двухстепенным гироскопом.

3.4. Методы коррекции одноосного гиросtabilизатора как системы автоматического управления с колебательным звеном с малым декрементом затухания

Уравнения динамики.

## 4. Управление объектами с антисимметричными перекрестными связями

### 4.1. Системы с перекрестными связями

Синтез корректирующих устройств в цепях обратных связей ДУС.

### 4.2. Частотные методы исследования двухкоординатных систем с перекрестными связями

Системы с перекрестными связями.

4.3. Датчик угловой скорости (ДУС), как пример системы с перекрестными антисимметричными перекрестными связями

Частотные методы исследования двухкоординатных систем с перекрестными связями.

### 4.4. Синтез корректирующих устройств в цепях обратных связей ДУС

Датчик угловой скорости (ДУС), как пример системы с перекрестными антисимметричными перекрестными связями.

## 5. Системы управления с двигателями-маховиками

5.1. Система стабилизации углового положения искусственного спутника Земли (ИСЗ) с использованием двигателей – маховиков

Комбинированная система управления угловым положением ИСЗ.

### 5.2. Уравнения динамики, структура, устойчивость, качество управления

Система стабилизации углового положения искусственного спутника Земли (ИСЗ) с использованием двигателей – маховиков.

### 5.3. Комбинированная система управления угловым положением ИСЗ

Уравнения динамики, структура, устойчивость, качество управления.

## 6. Ручное и программное управление манипуляторами. Приводы манипуляторов с упругими связями

### 6.1. Классификация манипуляторов

Технико-экономические аспекты внедрения робототехники в производство.

### 6.2. Особенности построения манипуляторов для ручного и программного управления

Классификация манипуляторов.

### 6.3. Оператор в контуре управления

Особенности построения манипуляторов для ручного и программного управления.

6.4. Следящие системы с отражением усилий, их классификация и принципы построения  
Оператор в контуре управления.

6.5. Устойчивость симметричных следящих систем с отражением усилий  
Следящие системы с отражением усилий, их классификация и принципы построения.

6.6. Приводы манипулятора с упругими кинематическими связями и их влияние на динамику и точность следящих систем управляющих степенями подвижности манипулятора  
Устойчивость симметричных следящих систем с отражением усилий.

6.7. Особенности построения манипуляторов при программном управлении  
Приводы манипулятора с упругими кинематическими связями и их влияние на динамику и точность следящих систем управляющих степенями подвижности манипулятора.

6.8. Прямая и обратная задача кинематики при расчете характеристических координат рабочей точки  
Особенности построения манипуляторов при программном управлении.

6.9. Гибкие автоматизированные производства и их структура  
Прямая и обратная задача кинематики при расчете характеристических координат рабочей точки.

6.10. Техничко-экономические аспекты внедрения робототехники в производство  
Гибкие автоматизированные производства и их структура.

### **3.3. Темы практических занятий** не предусмотрено

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Лабораторная работа №2: «Коррекция астатических систем с колебательными звеньями»;
2. Лабораторная работа №1: «Терминальное управление. Задача разгона»;
3. Лабораторная работа №4: «Симметричные следящие системы с отражением усилий»;
4. Лабораторная работа №3: «Двухканальные системы с антисимметричными перекрестными связями».

### **3.5 Консультации**

#### Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Терминальное управление движущимися объектами. Типовые задачи терминального управления"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Навигационные системы для управления подвижными объектами. Акселерометры с электрическими пружинами"

3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Одноосные гиросtabilизаторы"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Управление объектами с антисимметричными перекрестными связями"
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Системы управления с двигателями-маховиками"
6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Ручное и программное управление манипуляторами. Приводы манипуляторов с упругими связями"

### **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	5	6	
<b>Знать:</b>								
современные методы анализ и синтеза систем управления подвижными объектами и манипуляторами	ИД-1ПК-1	+	+				+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы по разделу 2 Тестирование/Тест №2 по разделу 5
основные функциональные особенности построения систем управления подвижными объектами и манипуляторами	ИД-1ПК-1	+					+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы по разделу 1 Лабораторная работа/Защита лабораторной работы по разделу 4
терминологию предметной области, базовые структуры систем управления подвижными объектами и манипуляторами	ИД-1ПК-1			+				Лабораторная работа/Защита лабораторной работы по разделу 6 Тестирование/Тест №1 по разделу 3
<b>Уметь:</b>								
выбирать методы и средства решения задач по анализу и синтезу систем управления	ИД-1ПК-1				+			Лабораторная работа/Защита лабораторной работы по разделу 1 Лабораторная работа/Защита лабораторной работы по разделу 4
применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых	ИД-1ПК-1					+		Лабораторная работа/Защита лабораторной работы по разделу

объектов и процессов								2 Тестирование/Тест №2 по разделу 5
применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов, систем и процессов	ИД-1ПК-1						+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы по разделу 6 Тестирование/Тест №1 по разделу 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**

#### **3 семестр**

Форма реализации: Допуск к лабораторной работе

1. Защита лабораторной работы по разделу 1 (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы по разделу 2 (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы по разделу 4 (Лабораторная работа)
4. Защита лабораторной работы по разделу 6 (Лабораторная работа)

Форма реализации: Защита задания

1. Тест №1 по разделу 3 (Тестирование)
2. Тест №2 по разделу 5 (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

#### *Экзамен (Семестр №3)*

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

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

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

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

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

1. Алексеев, В. М. Оптимальное управление : учебник для вузов по математическим направлениям и специальностям / В. М. Алексеев, В. М. Тихомиров, С. В. Фомин . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Физматлит, 2005 . – 384 с. – (Классический университетский учебник) . - ISBN 5-922105-89-2 .;
2. Боднер, В. А. Авиационные приборы : учебник для вузов / В. А. Боднер . – М. : Машиностроение, 1969 . – 467 с.;
3. 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 .;
4. Пантелеев, В. Н. Основы автоматизации производства : учебник для среднего профессионального образования по профессиям "мастер по изготовлению и сборке деталей и узлов оптических и оптико-электронных приборов и систем", "мастер контрольно-измерительных приборов и автоматики" / В. Н. Пантелеев . – 3-е изд., испр. – Москва : Академия, 2020 . – 208 с. – (Профессиональное образование) . - ISBN 978-5-4468-9269-3 .;
5. Алексеев В. М., Тихомиров В. М., Фомин С. В.- "Оптимальное управление", (2-е изд.), Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2005 - (384 с.)  
[https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=48177](https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=48177).

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

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

## 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. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
7. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
8. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
9. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
10. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
11. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
12. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
13. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
14. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
15. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
16. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	М-307, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	М-307, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	М-303, Учебная лаборатория «Теория автоматического управления и основы	стол преподавателя, стол компьютерный, стол учебный, стул, шкаф для документов, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в

	робототехники»	Интернет, компьютер персональный, стенд учебный
	М-304, Учебная лаборатория «Информационные технологии реального времени»	стол преподавателя, стол компьютерный, стол учебный, стул, шкаф, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, принтер, стенд учебный
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	М-307, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран
	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	М-310, Научная группа интеллектуальных систем управления и диагностики	кресло рабочее, стол, стул, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный
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

### Системы управления подвижными объектами и манипуляторами

(название дисциплины)

#### 3 семестр

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

- КМ-1 Защита лабораторной работы по разделу 1 (Лабораторная работа)
- КМ-2 Защита лабораторной работы по разделу 2 (Лабораторная работа)
- КМ-3 Тест №1 по разделу 3 (Тестирование)
- КМ-4 Защита лабораторной работы по разделу 4 (Лабораторная работа)
- КМ-5 Тест №2 по разделу 5 (Тестирование)
- КМ-6 Защита лабораторной работы по разделу 6 (Лабораторная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4	6	8	10	12	14
1	Терминальное управление движущимися объектами. Типовые задачи терминального управления							
1.1	Введение. Задачи курса. Краткая характеристика разделов курса		+			+		
1.2	Раздел «Терминальное управление»		+			+		
1.3	Программное управление при решении оптимизационной задачи управления подвижными объектами		+			+		
1.4	Уравнение Эйлера для решения краевой задачи		+			+		
1.5	Оптимальное программное управление разворотом искусственного спутника земли (ИСЗ) на заданный угол		+			+		
1.6	Недостатки оптимального управления по программе		+			+		
1.7	Понятие об алгоритмах терминального управления для управления подвижными объектами		+			+		
1.8	Типовые задачи терминального управления		+			+		
1.9	Задача разгона		+			+		
1.10	Алгоритмы программного и терминального управления, доказательство их идентичности в отсутствии внешних неконтролируемых возмущений, действующих на объект		+			+		

1.11	Устранение особенностей в конечной точке в задаче разгона	+			+		
1.12	Сравнительный пример решения задачи разгона разными алгоритмами		+			+	
1.13	Алгоритмы терминального управления в задачах приведения, разомкнутого и замкнутого по времени сближения	+			+		
1.14	Устранение особенностей в конечной точке для этих задач		+			+	
2	Навигационные системы для управления подвижными объектами. Акселерометры с электрическими пружинами						
2.1	Основные принципы, используемые при построении автономных систем инерциальной навигации (ИНС)		+			+	
2.2	Акселерометр – как базовый чувствительный элемент ИНС		+			+	
2.3	Основные требования к количеству и размещению акселерометров на борту движущегося объекта для обеспечения решения навигационной задачи		+			+	
2.4	Гиростабилизированная платформа в трехстепенном карданном подвесе		+			+	
2.5	Конструкция акселерометра с витыми пружинами и ее недостатки		+			+	
2.6	Акселерометр с электрической пружиной как замкнутая САУ		+			+	
2.7	Уравнения динамики, структурная схема. Использование изотропного (ПИ) регулятора в структуре электрической пружины		+			+	
2.8	Настройка параметров ПИ и ПИД-регуляторов		+			+	
3	Одноосные гиростабилизаторы						
3.1	Передаточные функции свободного гироскопа, связывающие его угловые перемещения при действии возмущающего момента вдоль оси чувствительности			+			+
3.2	Одноосный гироскопический стабилизатор с двухстепенным гироскопом			+			+
3.3	Уравнения динамики			+			+
3.4	Методы коррекции одноосного гиростабилизатора как системы автоматического управления с колебательным звеном с малым декрементом затухания			+			+
4	Управление объектами с антисимметричными перекрестными связями						

4.1	Системы с перекрестными связями	+			+		
4.2	Частотные методы исследования двухкоординатных систем с перекрестными связями	+			+		
4.3	Датчик угловой скорости (ДУС), как пример системы с перекрестными антисимметричными перекрестными связями	+			+		
4.4	Синтез корректирующих устройств в цепях обратных связей ДУС	+			+		
5	Системы управления с двигателями-маховиками						
5.1	Система стабилизации углового положения искусственного спутника Земли (ИСЗ) с использованием двигателей – маховиков		+			+	
5.2	Уравнения динамики, структура, устойчивость, качество управления		+			+	
5.3	Комбинированная система управления угловым положением ИСЗ		+			+	
6	Ручное и программное управление манипуляторами. Приводы манипуляторов с упругими связями						
6.1	Классификация манипуляторов			+			+
6.2	Особенности построения манипуляторов для ручного и программного управления			+			+
6.3	Оператор в контуре управления			+			+
6.4	Следящие системы с отражением усилий, их классификация и принципы построения			+			+
6.5	Устойчивость симметричных следящих систем с отражением усилий			+			+
6.6	Приводы манипулятора с упругими кинематическими связями и их влияние на динамику и точность следящих систем управляющих степенями подвижности манипулятора			+			+
6.7	Особенности построения манипуляторов при программном управлении			+			+
6.8	Прямая и обратная задача кинематики при расчете характеристических координат рабочей точки		+			+	
6.9	Гибкие автоматизированные производства и их структура	+			+		
6.10	Технико-экономические аспекты внедрения робототехники в производство	+			+		
Вес КМ, %:		10	10	20	20	20	20