

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»**  
**(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)**

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 (подпись) Страхов С. Ю.  
 ФИО  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕХАТРОННЫМИ СИСТЕМАМИ

Направление/специальность подготовки	15.03.06 Мехатроника и робототехника
Специализация/профиль/программа подготовки	Мехатроника
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	И Информационных и управляющих систем
Выпускающая кафедра	И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА
Кафедра-разработчик рабочей программы	И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	7	3	108	34	17	0	17	74	0	0	74	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

**15.03.06 Мехатроника и робототехника**

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И  
РОБОТОТЕХНИКА

Жуков Юрий Александрович, старший преподаватель

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Стажков С.М., д.т.н., проф.

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Стажков С.М., д.т.н., проф.

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕХАТРОННЫМИ СИСТЕМАМИ**

### **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

**ПСК-1.1** — способность составлять математические модели, производить расчеты и проектирование отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем, включая исполнительные, информационно-сенсорные и управляющие модули

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПСК-1.1**

*знания:*

на уровне представлений: иерархическую структуру, классификацию и составные части мехатронных и робототехнических систем, имитационные модели составных частей мехатронных систем, структуры управления отдельными приводами мехатронных систем, методы синтеза приводов мехатронных систем, структуру системы управления приводами робототехнического комплекса, структуры методов управления приводами робота на основе обратной модели динамики, структуру алгоритмов робастного, адаптивного, интеллектуального управления;

*умения:*

теоретически и практически уметь: составлять математические модели для механических, электромеханических, информационных подсистем мехатронных объектов, рассчитывать параметры алгоритмов управления мехатронными системами, исследовать качество управления мехатронными системами, используя методы имитационного моделирования;

*навыки:*

выполнения расчетов, связанных с анализом и синтезом мотов управления мехатронными системами, использования пакетов математического моделирования для исследования и расчета систем управления мехатронными системами.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕХАТРОННЫМИ СИСТЕМАМИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *15.03.06 Мехатроника и робототехника*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ФИЗИКА, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА, ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **МОДЕЛИРОВАНИЕ И АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ, ВЫПОЛНЕНИЕ, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности
- 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 автоматизации, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-1.1
4	7	Раздел 1. Проблемы и принципы управления мехатронными системами (МС). 1.1 Иерархическая организация систем управления (СУ) МС. Классификация СУ МС. 1.2 Принципы управления мехатронными системами 1.3 Модель манипуляционного робота - объекта управления, как многосвязной МС.	20	4	2	2	16	15
4	7	Раздел 2. Методы управления приводами мехатронных систем. 2.1 Методы раздельного управления приводами манипуляционного робота 2.2 Управление манипуляционным роботом на основе обратной модели динамики 2.3 Синтез регуляторов приводов манипуляционного робота 2.4 Цифровое управление манипуляционным роботом 2.5 Особенности ПИД управления. Дискретизация регуляторов. Коррекция насыщения интегральной составляющей. 2.6 Управление манипуляционным роботом в пространстве декартовых координат.	42	18	6	12	24	45
4	7	Раздел 3. Нелинейное управление. Методы адаптивного управления мехатронными системами. 3.1 Устойчивость нелинейных систем управления 3.2 Теоремы Ляпунова об устойчивости систем 3.3 Структуры адаптивного управления 3.4 Методы адаптивного управления манипуляционными роботами 3.5 Прямое адаптивное управление 3.6 Непрямое адаптивное управление. Идентификационный подход.	33	9	6	3	24	30
4	7	Раздел 4. Методы интеллектуального управления мехатронными системами. 4.1 Нечеткая логика. Методы управления, основанные на нечеткой логике 4.2 Искусственные нейронные сети (ИНС) 4.3 Методы управления роботами на основе ИНС.	13	3	3	0	10	10
Всего за 7 семестр			108	34	17	17	74	100
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Проблемы и принципы управления мехатронными системами (МС).	Создание модели системы приводов двухзвенного робота	2
2	Раздел 2. Методы управления приводами мехатронных систем.	Методы раздельного ПИД-управление приводами манипуляционного робота	2
3		Имитационная модель системы приводов манипуляционного робота	4
4		Методы раздельного подчиненного управления приводами манипуляционного робота	2
5		Методы управления приводами робота на основе обратной модели динамики	2
6		Особенности цифрового управления приводами робота	2
7	Раздел 3. Нелинейное управление. Методы адаптивного управления мехатронными системами.	Прямое адаптивное управление	3
Всего за 7 семестр			17

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Проблемы и принципы управления мехатронными системами (МС).	Проблемы и принципы управления мехатронными системами (МС). Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям и практическим занятиям.	16
2	Раздел 2. Методы	Изучение предусмотренных программой дидактических	24

	управления приводами мехатронных систем.	единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям, лабораторным работам и практическим занятиям.	
3	Раздел 3. Нелинейное управление. Методы адаптивного управления мехатронными системами.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям и практическим занятиям.	24
4	Раздел 4. Методы интеллектуального управления мехатронными системами.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям и практическим занятиям.	10
<b>Всего за 7 семестр</b>			<b>74</b>

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7			ВРЗД		ДЗ	ДР			ДЗ	ДР	ДЗ	ВРЗД	ДЗ	ДЗ	ДЗ	ДР	Вопр.Диф.Зач

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ВРЗД – вопросы по разделу;
- ДЗ – домашнее задание;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы по разделу;
- домашнее задание;
- вопросы к дифференцированному зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. . Анализ, синтез и управление мехатронными модулями. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, 80 экз.
2. А. В. Тимофеев, Ю. В. Экало. . Системы цифрового и адаптивного управления роботов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005, эл. рес.
3. Б. Р. Андриевский. . Задачи и методы адаптивного управления. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012, эл. рес.
4. Е. И. Юревич. . Основы робототехники. СПб.: БХВ-Петербург, 2007, 41 экз.
5. К. А. Пупков, Н. Д. Егупов, А. И. Гаврилов. Методы робастного, нейро-нечёткого и адаптивного управления. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002, 19 экз.
6. С. Г. Толмачёв. . Основы мягких вычислений. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, 48 экз.
7. С. Г. Толмачёв. . Основы искусственного интеллекта. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 46 экз.
8. С. Л. Зенкевич, А. С. Ющенко. . Основы управления манипуляционными роботами. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004, 43 экз.
9. Ю. В. Лычагин. . Программирование на языке MELFA-BASIC IV промышленных роботов фирмы Mitsubishi Electric. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, 94 экз.
10. Ю. В. Подураев. . Мехатроника: основы, методы, применение. М.: Машиностроение, 2007, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

1. Автоматизация процессов управления;
2. Информационно-измерительные и управляющие системы;
3. Проблемы машиностроения и автоматизации.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <http://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <https://urait.ru/> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
3. <https://repository.library.voenmeh.ru/jsui/> — электронная библиотека "Военмех" — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
- <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

1. Matlab 2015a SP1.

### 5.6. Информационные технологии:



взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

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

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Практические занятия:**

1. Проектор;
2. Аудитория с числом посадочных мест не меньше количества обучающихся;
3. Matlab 2015a SP1.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### **Аннотация рабочей программы**

Дисциплина **ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕХАТРОННЫМИ СИСТЕМАМИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *15.03.06 Мехатроника и робототехника*. Дисциплина реализуется на факультете *И Информационных и управляющих систем* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой **И8 СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА**.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-1.1 способность составлять математические модели, производить расчеты и проектирование отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем, включая исполнительные, информационно-сенсорные и управляющие модули.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с описанием проблем и принципов управления мехатронными системами (МС); математическим описанием манипуляционного робота, как многосвязной МС; созданием имитационных моделей МС; описанием методов управления МС, основанных на классической теории управления; с обзор современных методов управления МС, к которым относятся методы робастного, адаптивного, интеллектуального управления.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы по разделу;
- домашнее задание;
- вопросы к дифференцированному зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**74 ч**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 34 ч. аудиторных занятий, и 74 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Проблемы и принципы управления мехатронными системами (МС).</b>		
Проблемы и принципы управления мехатронными системами (МС). Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям и практическим занятиям.	С. Л. Зенкевич, А. С. Юценко. . Основы управления манипуляционными роботами: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004 (Введение, гл.7) . Анализ, синтез и управление мехатронными модулями: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (гл. 1, 2) Ю. В. Подураев. . Мехатроника: основы, методы, применение: М.: Машиностроение, 2007 (гл. 3.1, 5.1) Е. И. Юревич. . Основы робототехники: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (гл. 1-5)	16
Итого по разделу 1		16
<b>Раздел 2. Методы управления приводами мехатронных систем.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям, лабораторным работам и практическим занятиям.	С. Л. Зенкевич, А. С. Юценко. . Основы управления манипуляционными роботами: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004 (7,8) Ю. В. Лычагин. . Программирование на языке MELFA-BASIC IV промышленных роботов фирмы Mitsubishi Electric: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (1-5) Е. И. Юревич. . Основы робототехники: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (7,8)	24
Итого по разделу 2		24
<b>Раздел 3. Нелинейное управление. Методы адаптивного управления мехатронными системами.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе. Подготовка к лекциям и практическим занятиям.	Б. Р. Андриевский. . Задачи и методы адаптивного управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (гл. 1,2) А. В. Тимофеев, Ю. В. Экало. . Системы цифрового и адаптивного управления роботов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (гл. 5,6,7)	24
Итого по разделу 3		24
<b>Раздел 4. Методы интеллектуального управления мехатронными системами.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой	Е. И. Юревич. . Основы робототехники: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (гл. 9)	10

литературе. Подготовка к лекциям и практическим занятиям.	<p>С. Г. Толмачёв. . Основы мягких вычислений: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (гл. 1,2)</p> <p>С. Г. Толмачёв. . Основы искусственного интеллекта: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (гл. 1)</p> <p>К. А. Пупков, Н. Д. Егупов, А. И. Гаврилов. Методы робастного, нейронечёткого и адаптивного управления: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002 (Часть III. гл. 1-4, Часть IV. гл. 1-3)</p>	
Итого по разделу 4		10

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- вопросы по разделу;
- домашнее задание;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- экзамен.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Вопросы по разделу

Перечень вопросов по разделам приведён в УМК дисциплины

#### Домашнее задание

Предлагаются домашние задание по темам:

1. Исследование раздельного ПИД управления в модели двухзвенного робота
2. Исследование системы управления двухзвенным роботом с корректирующими обратными связями
3. Исследование управления двухмассовой системой с упругой трансмиссией
4. Исследование управления двухзвенным роботом на основе обратной модели динамики
5. Анализ устойчивости нелинейной системы.
6. Вычисление точек покоя нелинейной системы.

Домашнее задание выполняются по индивидуальным вариантам, представляются ответы в форме отчетов о ходе решения задач. Отчеты должны содержать титульный лист, содержание, ход работы, заключение. Оформление таблиц, иллюстраций, формул должно соответствовать требованиям ГОСТ 7.32-2017.

Индивидуальные задания по вариантам и примеры отчетов приведены в УМК дисциплины.

Процедура приема домашних заданий включает проверку разработанных программ (моделей) в среде математического моделирования, демонстрацию функционирования программных модулей. Устных ответов на вопросы преподавателя.

Полное безошибочное решение домашнего задания оценивается на итоговую оценка 5 ("отлично"). При несоответствии требованиям к оформлению отчета итоговая оценка снижается на 1.0 балла. При неполных или неверных ответах на вопросы итоговая оценка снижается на 1.0-2.0 балла

#### Вопросы к дифференцированному зачету

Перечень вопросов к дифференцированному зачету приведён в УМК дисциплины

#### Экзамен

Оценка дифференцированного зачёта может быть поставлена с учётом всех оценок семестра – «отлично», если средний балл не менее 4,5, «хорошо», если средний балл не менее 3,5 и «удовлетворительно» в остальных случаях. При сдаче зачёта оценка («хорошо» или «удовлетворительно») может быть повышена на балл при правильных ответах на все вопросы преподавателя.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-1.1	
4	7	Раздел 1. Проблемы и принципы управления мехатронными системами (МС).	20	4	2	2	16	15	Вопросы по разделу
4	7	Раздел 2. Методы управления приводами мехатронных систем.	42	18	6	12	24	45	Вопросы по разделу, Домашнее задание
4	7	Раздел 3. Нелинейное управление. Методы адаптивного управления мехатронными системами.	33	9	6	3	24	30	Вопросы по разделу, Домашнее задание
4	7	Раздел 4. Методы интеллектуального управления мехатронными системами.	13	3	3	0	10	10	Вопросы к дифференцированному зачету
Всего за 7 семестр			108	34	17	17	74	100	
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	100	

## Критерии оценивания

### ПСК-1.1

- Вопросы открытого типа:
- № 1 Определите подсистемам РТК
- (из списка: человеко-машинный интерфейс, система управления приводами, приводы степенями подвижности)
- соответствующие уровни.
- Нижний уровень — ....
- Средний уровень — ....
- Верхний уровень — ....
- № 2 В большинстве РТС к какому классу принадлежат кинематические пары, образуемые звеньями манипуляторов?
- Выберите один ответ:
- 3 классу
  - 6 классу
  - 5 классу
  - 4 классу
- № 3 Уравнение механики манипулятора  $M(q, \xi) \cdot \ddot{q} + N(q, \dot{q}, \xi) = \tau$  – это ...
- Выберите один ответ:
- матричное нелинейное однородное дифференциальное уравнение
  - линейное дифференциальное уравнение в частных производных
  - матричное линейное однородное дифференциальное уравнение
  - нелинейное дифференциальное уравнение в частных производных
- № 4 Какой порядок имеет линейное уравнение состояния  $\dot{x} = A \cdot x + B \cdot u$  для описания привода постоянного тока с независимым возбуждением при учете электромагнитных процессов в обмотках, жесткости редуктора и управлении по углу?
- 2 порядок
  - 3 порядок
  - 4 порядок
  - 5 порядок
- № 5 При раздельном управлении приводами робота не учитывается:
- Выберите один или несколько ответов:
- влияние внешних сил на привод звена
  - изменение моментов инерции объекта управления привода
  - взаимовлияние гравитационных сил звеньев
  - взаимовлияние центробежных и кориолисовых сил звеньев
- № 6 При реализации подчиненного регулирования приводом звена робота, как правило, количество датчиков относительно применения последовательной коррекции ...



Выберите один ответ:

- не изменяется
- увеличивается
- уменьшается

№ 7 При управлении приводами робота на основе модели механики требуется ...

Выберите один ответ:

- решение обратной задачи динамики
- обратная связь по ускорениям звеньев робота
- решение прямой задачи динамики
- решение задачи динамики привода

№ 8 При синтезе последовательной коррекции привода звена робота, как правило:

Выберите один или несколько ответов:

- применяется интегральные звенья
- используются местные обратные связи
- применяется дифференциальные звенья
- не учитывают внешние возмущения

№ 9 Как реализуется метод подчиненного регулирования в электромеханическом приводе?

Выберите один или несколько ответов:

- синтезом регуляторов контуров тока, скорости и положения
- на основе синтеза наблюдателей состояния
- введением коррекций по возмущающим силам
- введением корректирующих обратных связей по току, по скорости и положению привода

№ 10 Какой тип привода преимущественно использовать при реализации управления приводами робота на основе закона  $\tau = M \cdot (\ddot{q}_d + K_p \cdot e + K_d \cdot \dot{e}) + N$

Выберите один ответ:

- привод постоянного тока
- привод переменного тока
- моментный привод
- шаговый привод

*Вопросы закрытого типа:*

№ 1 Какой общий порядок  $S$  имеет уравнение механики  $M(q, \xi) \cdot \ddot{q} + N(q, \dot{q}, \xi) = \tau$  для

- пятизвенного манипулятора, у которого все кинематические пары принадлежат 5 классу?
- $S = \dots$
- № 2 Какой общий порядок  $S$  имеет уравнение механики  $M(q, \xi) \cdot \ddot{q} + N(q, \dot{q}, \xi) = \tau$  для пятизвенного манипулятора, у которого четыре кинематические пары принадлежат 5 классу, а одна – 4 классу?
- $S = \dots$
- № 3 Приводы робота управляются на основе расчетного момента ( $\tau = M \cdot (\ddot{q}_d + K_p \cdot e + K_d \cdot \dot{e}) + N$ ), синтез ПД управления реализуется из выражений  $K_p = \omega \cdot \omega$ ,  $K_d = 2\omega$ . Жесткость механической передачи  $C = 1000$  Нм/рад. Максимальный момент инерции нагрузки  $J = 0.1$  кгм<sup>2</sup>. Какое пороговое значение имеет  $\omega_p$  (без учета динамики привода)?
- Рассчитайте значение:
- $\omega_p = \dots$
- № 4 При управлении приводами робота на основе расчетного момента ( $\tau = M \cdot (\ddot{q}_d + K_p \cdot e + K_i \cdot \epsilon + K_d \cdot \dot{e}) + N$ , где  $\dot{\epsilon} = e$ ) определите коэффициенты ПИД управления, обеспечивающего кратные действительные корни характеристическим полиномам с собственной частотой  $\omega = 10$
- $K_p = \dots$
- $K_i = \dots$
- $K_d = \dots$
- № 5 При управлении приводами робота на основе расчетного момента ( $\tau = M \cdot (\ddot{q}_d + K_p \cdot e + K_i \cdot \epsilon + K_d \cdot \dot{e}) + N$ , где  $\dot{\epsilon} = e$ ) определите коэффициенты ПИД управления, обеспечивающего кратные действительные корни характеристическим полиномам с собственной частотой  $\omega = 5$
- $K_p = \dots$
- $K_i = \dots$
- $K_d = \dots$
- № 6 При управлении приводами робота на основе расчетного момента ( $\tau = M \cdot (\ddot{q}_d + K_p \cdot e + K_d \cdot \dot{e}) + N$ ) определите коэффициенты ПД управления, обеспечивающего кратные действительные корни характеристическим полиномам с собственной частотой  $\omega = 5$
- $K_p = \dots$
- $K_d = \dots$
- № 7 При управлении приводами робота на основе расчетного момента ( $\tau = M \cdot (\ddot{q}_d + K_p \cdot e + K_d \cdot \dot{e}) + N$ ) определите коэффициенты ПД управления, обеспечивающего кратные действительные корни характеристическим полиномам с собственной частотой  $\omega = 10$
- $K_p = \dots$
- $K_d = \dots$

- № 8 При управлении приводами робота на основе расчетного момента ( $\tau = M \cdot (\ddot{q}_d + K_p \cdot e + K_i \cdot \varepsilon + K_d \cdot \dot{e}) + N$ , где  $\dot{e} = \dot{e}$ ) определите коэффициенты ПИД управления, обеспечивающего следующие действительные корни характеристическим полиномам:  $p_1 = -5$ ,  $p_2 = -3$ ,  $p_3 = -2$
- $K_p = \dots$
- $K_i = \dots$
- $K_d = \dots$
- № 9 При управлении приводами робота на основе расчетного момента ( $\tau = M \cdot (\ddot{q}_d + K_p \cdot e + K_i \cdot \varepsilon + K_d \cdot \dot{e}) + N$ , где  $\dot{e} = \dot{e}$ ) определите коэффициенты ПИД управления, обеспечивающего следующие действительные корни характеристическим полиномам:  $p_1 = -5$ ,  $p_2 = -4$ ,  $p_3 = -6$
- $K_p = \dots$
- $K_i = \dots$
- $K_d = \dots$
- № 10 Какой общий порядок  $S$  имеет уравнение механики  $M(q, \xi) \cdot \ddot{q} + N(q, \dot{q}, \xi) = \tau$  для трехзвенного манипулятора, у которого все кинематические пары принадлежат 4 классу?
- $S = \dots$