

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

**«Теория автоматического управления»**

**Направление подготовки 13.03.02 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И  
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

**Профиль Электропривод и автоматика**

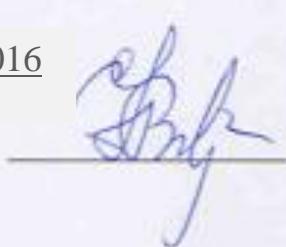
**Квалификация выпускника бакалавр**

**Нормативный период обучения 4 года / 5 лет**

**Форма обучения очная / заочная**

**Год начала подготовки 2016**

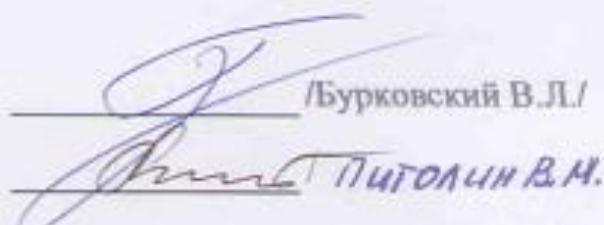
**Автор программы**

 /Винокуров С.А./

**Заведующий кафедрой  
Электропривода,  
автоматики и управления в  
технических системах**

 /Бурковский В.Л./

**Руководитель ОПОП**

 /Поголич В.Н./

**Воронеж 2017**

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **1.1. Цели дисциплины**

формирование у студентов прочной теоретической базы по современным методам исследования систем управления, которая позволит им успешно решать теоретические и практические задачи в их профессиональной деятельности, связанной с получением математического описания, моделированием, анализом, проектированием, испытаниями и эксплуатацией современных систем управления.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины**

классифицировать объекты и системы управления и описывать происходящие в них динамические процессы;

анализировать структуру и математическое описание систем управления с целью определения областей их устойчивой и качественной работы;

проводить синтез систем и исследование их свойств.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП**

Дисциплина «Теория автоматического управления» относится к дисциплинам вариативной части блока Б1.

## **3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Процесс изучения дисциплины «Теория автоматического управления» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-3 - способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей

ПК-1 - способность участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике

ПК-2 - способность обрабатывать результаты экспериментов

<b>Компетенция</b>	<b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b>
ОПК-3	Знать принцип действия современных систем управления и особенности протекающих в них процессов
	Уметь применять при решении прикладных задач современные методы анализа процессов в электрических цепях
	Владеть современными методами моделирования процессов в системах автоматического управления
ПК-1	Знать методы планирования, подготовки типовых экспериментальных исследований систем управления
	Уметь использовать полученную в результате обучения теоретическую и практическую базу для получения математического описания объектов и

	систем в виде дифференциальных уравнений, структурных схем; построения их характеристик и моделирования
	Владеть навыками использования полученных знаний при решении практических задач по расчету, анализу устойчивости, качества, проектированию систем управления
ПК-2	Знать методологию проведения экспериментального исследования систем
	Уметь применять методы экспериментального исследования систем
	Владеть навыками по испытаниям и эксплуатации систем управления.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Теория автоматического управления» составляет 8 з.е.

**Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		5	6
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	90	54	36
В том числе:			
Лекции	36	18	18
Практические занятия (ПЗ)	18	18	-
Лабораторные работы (ЛР)	36	18	18
<b>Самостоятельная работа</b>	162	90	72
<b>Курсовая работа</b>	+		+
Часы на контроль	36	-	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен, зачет	+	+	+
<b>Общая трудоемкость академические часы з.е.</b>	288 8	144 4	144 4

**заочная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		6	7
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	38	16	22
В том числе:			
Лекции	12	4	8
Практические занятия (ПЗ)	10	4	6
Лабораторные работы (ЛР)	16	8	8
<b>Самостоятельная работа</b>	237	88	149
<b>Курсовая работа</b>	+		+
<b>Контрольная работа</b>	+	+	
Часы на контроль	13	4	9
Виды промежуточной аттестации - экзамен, зачет	+	+	+
Общая трудоемкость академические часы з.е.	0 8	108 3	180 5

**5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий**

**очная форма обучения**

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Основные понятия и определения теории автоматического управления	Понятие системы автоматического управления (САУ). Общая характеристика САУ. Характеристика объектов управления и сигналов.  Классификация САУ по фундаментальному признаку. Основные понятия и принципы	6	2	6	26	40

		<p>построения САУ.</p> <p>Фундаментальные принципы управления: разомкнутое управление, управление по возмущению, управление по отклонению, комбинированное управление.</p> <p>Структурные схемы и особенности формирования управления в САУ различных принципов.</p> <p>Основные виды автоматического управления: стабилизация, следящее, программное, оптимальное и адаптивное управление.</p> <p>Классификация САУ по принципам и видам управления, типу сигналов и характеристикам параметров системы.</p> <p>Установившиеся и переходные процессы в системах автоматического управления.</p> <p>Уравнения статики и динамики САУ.</p>				
2	Математическое описание систем автоматического управления	<p>Понятие и принципы математического моделирования.</p> <p>Математическое описание линейных</p>	6	2	6	26 40

	<p>непрерывных САУ с помощью дифференциальных уравнений.</p> <p>Линеаризация характеристик и дифференциальных уравнений САУ.</p> <p>Векторно-матричные уравнения системы и уравнения в пространстве состояний.</p> <p>Применение операторного метода для решения уравнений системы.</p> <p>Преобразование Лапласа. Понятие о передаточной функции, связь передаточной функции с весовой и переходной характеристиками.</p> <p>Нули и полюса передаточной функции.</p> <p>Характеристический полином и характеристическое уравнение системы.</p> <p>Нули и полюсы передаточной функции САУ.</p> <p>Понятие динамического звена.</p> <p>Типовые динамические звенья и их характеристики.</p> <p>Временные, операторные и частотные характеристики</p>			
--	---	--	--	--

		<p>позиционных динамических звеньев. Временные, операторные и частотные характеристики интегрирующих динамических звеньев. Временные, операторные и частотные характеристики дифференцирующих динамических звеньев.</p> <p>Передаточные функции замкнутых систем по управляющему воздействию, возмущающему воздействию, передаточная функция САУ по ошибке. Временные, операторные и частотные характеристики различных типов САУ.</p>					
3	Устойчивость линейных САУ	<p>Понятие устойчивости по Ляпунову. Теоремы об устойчивости А.М. Ляпунова.</p> <p>Алгебраические и частотные критерии устойчивости.</p> <p>Критерий Ряуса.</p> <p>Критерий Гурвица.</p> <p>Типы границы устойчивости САУ.</p> <p>Определение границ колебательной и апериодической устойчивости.</p>	6	2	6	26	40

		<p>Частотные критерии оценки устойчивости САУ.</p> <p>Частотный критерий устойчивости А.В. Михайлова.</p> <p>Определение устойчивости и границ колебательной устойчивости.</p> <p>Определение уравнения кривой Михайлова и частоты колебаний на границе устойчивости.</p> <p>Частотный критерий оценки устойчивости Найквиста. Понятие запаса устойчивости.</p> <p>Определение запасов устойчивости по фазе и модулю по критерию устойчивости Найквиста.</p> <p>Определение устойчивости по логарифмическим амплитудно-фазовым частотным характеристикам разомкнутой системы.</p> <p>Запас по амплитуде и фазе в устойчивых системах.</p> <p>Определение областей устойчивости. Д-разбиение.</p>				
4	Анализ качества процессов регулирования САУ	<p>Понятие качества в линейных САУ.</p> <p>Оценка качества в установившихся переходных</p>	6	4	6	28 44

	<p>процессах.</p> <p>Статические и астатические системы автоматического управления.</p> <p>Передаточная функция по ошибке.</p> <p>Коэффициенты ошибок.</p> <p>Методы расчета и оценки качества процесса регулирования в САУ.</p> <p>Оценка качества при гармоническом воздействии. Ошибка по амплитуде и частоте. Полоса пропускания, частота среза, запасы устойчивости по фазе и амплитуде (модулю).</p> <p>Корневые методы оценки качества САУ.</p> <p>Методы построения переходных процессов в САУ.</p> <p>Интегральные и частотные оценки качества САУ.</p> <p>Динамические и статические ошибки в системах автоматического управления. Связь между свойствами частотных характеристик и показателями качества переходного процесса.</p>			
--	---	--	--	--

5	<p>Синтез корректирующих устройств и улучшение качества процессов регулирования</p>	<p>Повышение качества и синтез линейных САУ.</p> <p>Корректирующие средства, их классификация и особенности применения с целью улучшения динамических свойств САУ.</p> <p>Последовательные и параллельные корректирующие звенья. Введение местных обратных связей для повышения качества процесса регулирования.</p> <p>Параллельные корректирующие устройства. Коррекция САУ с помощью обратных связей.</p> <p>Влияние гибких и жестких обратных связей на процесс регулирования и качество САУ.</p> <p>Введение местных обратных связей для повышения качества процесса регулирования.</p> <p>Синтез корректирующих устройств по методу логарифмических амплитудно-фазовых частотных характеристик.</p> <p>Построение ЛАЧХ неизменяемой части системы. Методика построения желаемой ЛАЧХ по В.В.</p>	6	4	6	28	44
---	---	--	---	---	---	----	----

		<p>Солодовникову.</p> <p>Сопряжение асимптот, определение наклона участков ЛАЧХ.</p> <p>Упрощенное построение желаемой ЛАЧХ.</p> <p>Последовательные корректирующие устройства.</p> <p>Применение пропорционального (П), пропорционально-интегрального (ПИ), пропорционально-интегро-дифференциального (ПИД) регуляторов.</p> <p>Влияние регуляторов на устойчивость и точность САУ. Выбор корректирующего устройства.</p>				
6	Инвариантные, нелинейные, дискретные и оптимальные САУ	<p>Теория инвариантных систем автоматического управления.</p> <p>Понятие инвариантности.</p> <p>Инвариантные САУ, основные принципы их структурного построения.</p> <p>Комбинированное управление. Методы создания САУ, инвариантных по возмущающим воздействиям.</p> <p>Дискретные САУ и их классификация (импульсные,</p>	6	4	6	28 44

	<p>релейные, комбинированные САУ). Особенности процессов в дискретных системах. Понятия квантования по времени и уровню. Модуляция. Решетчатая функция. Дискретное преобразование</p> <p>Лапласа D-преобразование). Понятие дискретной передаточной функции. Z-преобразование. Связь преобразования Лапласа и Z-преобразования. Временные и частотные характеристики импульсных систем. Условия устойчивости и качества импульсных систем управления.</p> <p>Методы математического описания релейных и цифровых САУ. Оценка качества релейных систем. Особенности динамики релейных САУ, методы исследования.</p> <p>Линеаризованные цифровые САУ. Нелинейные САУ. Структурная схема обобщенной нелинейной САУ. Типовые нелинейные</p>			
--	---	--	--	--

	<p>характеристики.</p> <p>Методы анализы нелинейных САУ.</p> <p>Основные типы нелинейных систем, их характеристики.</p> <p>Автоколебания.</p> <p>Особенности динамики нелинейных систем. Устойчивость нелинейных САУ.</p> <p>Критерий оценки устойчивости В.М. Попова. Метод фазовых траекторий.</p> <p>Исследование нелинейных САУ на фазовой плоскости.</p> <p>Задачи оптимального управления. Методы теории оптимального управления. Системы оптимального управления: принципы построения, методы анализа и синтеза.</p> <p>Критерии оптимальности.</p> <p>Понятие об адаптивных САУ, виды адаптивных систем.</p>					
	<b>Итого</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>162</b>	<b>252</b>

### **заочная форма обучения**

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Основные понятия и определения теории автоматического управления	Понятие системы автоматического управления (САУ). Общая характеристика САУ. Характеристика объектов управления и	2	-	4	38	44

	<p>сигналов.</p> <p>Классификация САУ по фундаментальному признаку. Основные понятия и принципы построения САУ.</p> <p>Фундаментальные принципы управления: разомкнутое управление, управление по возмущению, управление по отклонению, комбинированное управление.</p> <p>Структурные схемы и особенности формирования управления в САУ различных принципов.</p> <p>Основные виды автоматического управления: стабилизация, следящее, программное, оптимальное и адаптивное управление.</p> <p>Классификация САУ по принципам и видам управления, типу сигналов и характеристикам параметров системы.</p> <p>Установившиеся и переходные процессы в системах автоматического управления.</p> <p>Уравнения статики и динамики САУ.</p>			
--	--	--	--	--

2	<p>Математическое описание систем автоматического управления</p>	<p>Понятие и принципы математического моделирования.</p> <p>Математическое описание линейных непрерывных САУ с помощью дифференциальных уравнений.</p> <p>Линеаризация характеристик и дифференциальных уравнений САУ.</p> <p>Векторно-матричные уравнения системы и уравнения в пространстве состояний.</p> <p>Применение операторного метода для решения уравнений системы.</p>	2	2	4	40	48
		<p>Преобразование Лапласа. Понятие о передаточной функции, связь передаточной функции с весовой и переходной характеристиками.</p> <p>Нули и полюса передаточной функции.</p> <p>Характеристический полином и характеристическое уравнение системы.</p> <p>Нули и полюсы передаточной функции САУ.</p> <p>Понятие динамического звена.</p> <p>Типовые динамические звенья и</p>					

		<p>их характеристики. Временные, операторные и частотные характеристики позиционных динамических звеньев. Временные, операторные и частотные характеристики интегрирующих динамических звеньев. Временные, операторные и частотные характеристики дифференцирующих динамических звеньев.</p> <p>Передаточные функции замкнутых систем по управляющему воздействию, возмущающему воздействию, передаточная функция САУ по ошибке. Временные, операторные и частотные характеристики различных типов САУ.</p>					
3	Устойчивость линейных САУ	<p>Понятие устойчивости по Ляпунову. Теоремы об устойчивости А.М. Ляпунова.</p> <p>Алгебраические и частотные критерии устойчивости.</p> <p>Критерий Рууса.</p> <p>Критерий Гурвица.</p>	2	2	2	40	46

		<p>Типы границы устойчивости САУ. Определение границ колебательной и апериодической устойчивости.</p> <p>Частотные критерии оценки устойчивости САУ.</p> <p>Частотный критерий устойчивости А.В. Михайлова. Определение устойчивости и границ колебательной устойчивости.</p> <p>Определение уравнения кривой Михайлова и частоты колебаний на границе устойчивости.</p> <p>Частотный критерий оценки устойчивости Найквиста. Понятие запаса устойчивости. Определение запасов устойчивости по фазе и модулю по критерию устойчивости Найквиста.</p> <p>Определение устойчивости по логарифмическим амплитудно-фазовым частотным характеристикам разомкнутой системы. Запас по амплитуде и фазе в устойчивых системах.</p> <p>Определение областей устойчивости. Д-разбиение.</p>				
4	Анализ качества процессов регулирования САУ	Понятие качества в линейных САУ.	2	2	2	40 46

	<p>Оценка качества в установившихся переходных процессах.</p> <p>Статические и астатические системы автоматического управления.</p> <p>Передаточная функция по ошибке.</p> <p>Коэффициенты ошибок.</p> <p>Методы расчета и оценки качества процесса регулирования в САУ.</p> <p>Оценка качества при гармоническом воздействии. Ошибка по амплитуде и частоте. Полоса пропускания, частота среза, запасы устойчивости по фазе и амплитуде (модулю).</p> <p>Корневые методы оценки качества САУ.</p> <p>Методы построения переходных процессов в САУ.</p> <p>Интегральные и частотные оценки качества САУ.</p> <p>Динамические и статические ошибки в системах автоматического управления. Связь между свойствами частотных характеристик и показателями качества</p>			
--	---	--	--	--

		переходного процесса.					
5	Синтез корректирующих устройств и улучшение качества процессов регулирования	<p>Повышение качества и синтез линейных САУ.</p> <p>Корректирующие средства, их классификация и особенности применения с целью улучшения динамических свойств САУ.</p> <p>Последовательные и параллельные корректирующие звенья. Введение местных обратных связей для повышения качества процесса регулирования.</p> <p>Параллельные корректирующие устройства. Коррекция САУ с помощью обратных связей.</p> <p>Влияние гибких и жестких обратных связей на процесс регулирования и качество САУ.</p> <p>Введение местных обратных связей для повышения качества процесса регулирования.</p> <p>Синтез корректирующих устройств по методу логарифмических амплитудно-фазовых частотных характеристик.</p> <p>Построение ЛАЧХ неизменяемой части</p>	2	2	2	40	46

		<p>системы. Методика построения желаемой ЛАЧХ по В.В. Солодовникову.</p> <p>Сопряжение асимптот, определение наклона участков ЛАЧХ.</p> <p>Упрощенное построение желаемой ЛАЧХ.</p> <p>Последовательные корректирующие устройства.</p> <p>Применение пропорционального (П), пропорционально-интегрального (ПИ), пропорционально-интегро-дифференциального (ПИД) регуляторов.</p> <p>Влияние регуляторов на устойчивость и точность САУ. Выбор корректирующего устройства.</p>				
6	Инвариантные, нелинейные, дискретные и оптимальные САУ	<p>Теория инвариантных систем автоматического управления.</p> <p>Понятие инвариантности.</p> <p>Инвариантные САУ, основные принципы их структурного построения.</p> <p>Комбинированное управление. Методы создания САУ, инвариантных по возмущающим воздействиям.</p>	2	2	2	39 45

	<p>Дискретные САУ и их классификация (импульсные, релейные, комбинированные САУ). Особенности процессов в дискретных системах. Понятия квантования по времени и уровню. Модуляция. Решетчатая функция. Дискретное преобразование Лапласа D-преобразование). Понятие дискретной передаточной функции. Z-преобразование. Связь преобразования Лапласа и Z-преобразования. Временные и частотные характеристики импульсных систем. Условия устойчивости и качества импульсных систем управления.</p> <p>Методы математического описания релейных и цифровых САУ. Оценка качества релейных систем. Особенности динамики релейных САУ, методы исследования. Линеаризованные цифровые САУ. Нелинейные САУ. Структурная схема</p>			
--	--	--	--	--

	<p>обобщенной нелинейной САУ. Типовые нелинейные характеристики. Методы анализа нелинейных САУ. Основные типы нелинейных систем, их характеристики. Автоколебания. Особенности динамики нелинейных систем. Устойчивость нелинейных САУ. Критерий оценки устойчивости В.М. Попова. Метод фазовых траекторий. Исследование нелинейных САУ на фазовой плоскости.</p> <p>Задачи оптимального управления. Методы теории оптимального управления. Системы оптимального управления: принципы построения, методы анализа и синтеза. Критерии оптимальности. Понятие об адаптивных САУ, виды адаптивных систем.</p>						
		Итого	12	12	16	235	275

## 5.2 Перечень лабораторных работ

1. Преобразование структур звеньев и систем.
2. Частотный и временной анализ динамических звеньев САУ.  
Исследование логарифмических частотных характеристик динамических звеньев и систем
3. Влияние обратной связи на динамические свойства звеньев и систем автоматического управления
4. Устойчивость систем с обратной связью при изменении

- параметров звеньев
5. Оценка запаса устойчивости и быстродействия по переходной, амплитудной и вещественной частотным характеристикам
  6. Оценка точности регулирования в системах автоматического управления
  7. Синтез систем автоматического регулирования на основе частотных критериев качества Выбор корректирующих устройств
  8. Исследование комбинированных систем автоматического регулирования.

## **6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ**

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 6 семестре для очной формы обучения, в 7 семестре для заочной формы обучения.

**Примерная тематика курсовой работы – «Анализ и синтез линейных систем автоматического управления».**

Курсовая работа состоит из трех разделов:

1. Анализ динамических звеньев систем автоматического управления.
2. Анализ линейных систем автоматического управления.
3. Синтез линейных систем автоматического управления.

Курсовая работа выполняется каждым студентом индивидуально, по заданию соответствующего варианта.

Во введении курсовой работы необходимо отразить актуальность разрабатываемой темы, сформулировать цель работы, а также задачи, которые необходимо решить в процессе выполнения заданий.

Расчетная часть курсовой работы содержит:

1. Определение передаточной функции динамического звена.
2. Расчет амплитудно-фазовых частотных характеристик.
3. Расчет временных характеристик при изменении рабочих параметров.
4. Расчет эквивалентных передаточных функций САУ по управляющему и возмущающему воздействиям.
5. Исследование на устойчивость с применением критерия Михайлова.
6. Исследование устойчивости системы с помощью ЛАФЧХ.
7. Синтез последовательного корректирующего звена.
8. Определение ошибки по амплитуде при отработке синусоидального сигнала.
9. Определение коэффициентов ошибки, оценка добротности системы автоматического управления по скорости и ускорению.

В заключении курсовой работы необходимо в систематизированном виде привести общие выводы по выполненным заданиям.

Все расчеты в курсовой работе выполняются с применением современных инструментальных средств моделирования и управления. Курсовая работа включает в себя расчетно-пояснительную записку.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

#### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-3	Знать принцип действия современных систем управления и особенности протекающих в них процессов	Активная работа на учебных занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь применять при решении прикладных задач современные методы анализа процессов в электрических цепях	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть современными методами моделирования процессов в системах автоматического управления	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-1	Знать методы планирования, подготовки типовых экспериментальных исследований систем	Активная работа на учебных занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	управления			
	Уметь использовать полученную в результате обучения теоретическую и практическую базу для получения математического описания объектов и систем в виде дифференциальных уравнений, структурных схем; построения их характеристик и моделирования	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками использования полученных знаний при решении практических задач по расчету, анализу устойчивости, качества, проектированию систем управления	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-2	Знать методологию проведения экспериментального исследования систем	Активная работа на учебных занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь применять методы экспериментального исследования систем	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками по испытаниям и эксплуатации систем управления.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5, 6 семестре для очной формы обучения, 7, 6 семестре для заочной формы обучения по двух/четырехбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
-------------	---	---------------------	---------	------------

ОПК-3	Знать принцип действия современных систем управления и особенности протекающих в них процессов	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	Уметь применять при решении прикладных задач современные методы анализа процессов в электрических цепях	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть современными методами моделирования процессов в системах автоматического управления	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-1	Знать методы планирования, подготовки типовых экспериментальных исследований систем управления	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	Уметь использовать полученную в результате обучения теоретическую и практическую базу для получения математического описания объектов и систем в виде дифференциальных уравнений, структурных схем; построения их характеристик и моделирования	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть навыками использования полученных знаний при решении практических задач по расчету,	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	анализу устойчивости, качества, проектированию систем управления			
ПК-2	Знать методологию проведения экспериментального исследования систем	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	Уметь применять методы экспериментального исследования систем	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть навыками по испытаниям и эксплуатации систем управления.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

или

«отлично»;  
«хорошо»;  
«удовлетворительно»;  
«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-3	Знать принцип действия современных систем управления и особенности протекающих в них процессов	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь применять при решении прикладных задач современные методы анализа процессов в электрических цепях	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть современными методами моделирования процессов в системах	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	автоматического управления					
ПК-1	Знать методы планирования, подготовки типовых экспериментальных исследований систем управления	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь использовать полученную в результате обучения теоретическую и практическую базу для получения математического описания объектов и систем в виде дифференциальных уравнений, структурных схем; построения их характеристик и моделирования	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть навыками использования полученных знаний при решении практических задач по расчету, анализу устойчивости, качества, проектированию систем управления	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-2	Знать методологию проведения экспериментального исследования систем	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь применять методы экспериментального исследования	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

систем		ответы	верный ответ во всех задачах		
Владеть навыками по испытаниям и эксплуатации систем управления	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

**7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)**

**7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию**

1. Что является целью управления в системе автоматического регулирования?

- 1) изменение регулируемой переменной по заранее известному закону;
- 2) поддержание регулируемой переменной на заданном уровне;
- 3) изменение регулируемой переменной по заранее неизвестному закону;
- 4) обеспечение стремления регулируемой переменной к нулю при  $t \rightarrow \infty$ .

2. Что является целью управления в системе программного управления?

- 1) изменение регулируемой переменной по заранее известному закону;
- 2) поддержание регулируемой переменной на заданном уровне;
- 3) изменение регулируемой переменной по заранее неизвестному закону;
- 4) обеспечение стремления регулируемой переменной к нулю при  $t \rightarrow \infty$ .

3. Что является целью управления в следящей системе?

- 1) изменение регулируемой переменной по заранее известному закону;
- 2) поддержание регулируемой переменной на заданном уровне;
- 3) изменение регулируемой переменной по заранее неизвестному закону;
- 4) обеспечение стремления регулируемой переменной к нулю при  $t \rightarrow \infty$ .

4. Что такое передаточная функция системы (здесь  $u$  – выход,  $u$  – вход,  $L$  – преобразование Лапласа)?

$$1) \quad W(t) = \frac{y(t)}{u(t)};$$

$$2) \quad W(s) = L\left\{ \frac{y(t)}{u(t)} \right\};$$

$$3) \quad W(s) = \frac{L\{u(t)\}}{L\{y(t)\}};$$

$$4) \quad W(s) = \frac{L\{y(t)\}}{L\{u(t)\}}.$$

5. Характеристическое уравнение системы это:

- 1) числитель передаточной функции, приравненный к нулю;
- 2) знаменатель передаточной функции, приравненный к нулю; +

- 3) уравнение, которое описывает частное вынужденное движение системы;
- 4) уравнение, которое описывает систему в общем виде.

6. Что такое переходная функция?

- 1) реакция системы на гармоническое входное воздействие;
- 2) реакция системы на единичное ступенчатое воздействие;
- 3) реакция системы на импульсное воздействие;
- 4) реакция системы на линейно растущий сигнал.

7. Что такое весовая функция?

- 1) реакция системы на гармоническое входное воздействие;
- 2) реакция системы на единичное ступенчатое воздействие;
- 3) реакция системы на импульсное воздействие;
- 4) реакция системы на линейно растущий сигнал.

8. Что такое ЛЧХ?

- 1) линейная частотная характеристика;
- 2) логарифмическая частотная характеристика;
- 3) логарифмическая частная характеристика;
- 4) линейная частная характеристика.

9. Где расположены корни характеристического полинома для устойчивой непрерывной САУ?

- 1) в левой полуплоскости комплексной плоскости;
- 2) на мнимой оси;
- 3) в правой полуплоскости комплексной плоскости;
- 4) в 1-ой и 2-ой четвертях.

10. Для устойчивой системы необходимо, чтобы:

- 1) свободный коэффициент характеристического полинома был равен нулю;
- 2) все коэффициенты характеристического полинома строго отрицательны;
- 3) количество положительных и отрицательных коэффициентов этого полинома одинаково;
- 4) все коэффициенты характеристического полинома строго положительны.

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Чему равна передаточная функция двух звеньев, соединенных последовательно?

- 1)  $W(s) = W_1(s) + W_2(s)$ ;
- 2)  $W(s) = W_1(s) * W_2(s)$ ;
- 3)  $W(s) = \frac{W_1(s)}{W_2(s)}$ ;
- 3)  $W(s) = \frac{W_1(s)}{1 + W_1(s) * W_2(s)}$ .

2. Чему равна передаточная функция двух звеньев, соединенных параллельно?

- 1)  $W(s) = W_1(s) + W_2(s)$ ;

2)  $W(s) = W_1(s) * W_2(s);$

3)  $W(s) = \frac{W_1(s)}{W_2(s)};$

3)  $W(s) = \frac{W_1(s)}{1 + W_1(s) * W_2(s)}.$

3. Чему равна передаточная функция двух звеньев, соединенных встречно-параллельно?

1)  $W(s) = W_1(s) + W_2(s)$

2)  $W(s) = W_1(s) * W_2(s);$

3)  $W(s) = \frac{W_1(s)}{W_2(s)};$

3)  $W(s) = \frac{W_1(s)}{1 + W_1(s) * W_2(s)}.$

4. Какова взаимосвязь импульсной функции  $\delta(t)$  и ступенчатой  $1(t)$ ?

1)  $\delta(t) = \int 1(t) dt;$

2)  $1(t) = \frac{d\delta(t)}{dt};$

3)  $\delta(t) = \frac{d1(t)}{dt};$

4)  $\delta(t) = \frac{1(t)}{t}.$

5. Если частотная передаточная функция задана в виде  $W(j\omega) = U(\omega) + jV(\omega)$ , то амплитудная частотная характеристика:

1)  $A(\omega) = \sqrt{U^2(\omega) + V^2(\omega)};$

2)  $A(\omega) = \arctg(V(\omega)/U(\omega));$

3)  $A(\omega) = V(\omega) + U(\omega);$

4)  $A(\omega) = |V(\omega)| + |U(\omega)|.$

6. Если частотная передаточная функция задана в виде  $W(j\omega) = U(\omega) + jV(\omega)$ , то фазовая частотная характеристика:

1)  $\varphi(\omega) = \sqrt{U^2(\omega) + V^2(\omega)};$

2)  $\varphi(\omega) = \arctg(V(\omega)/U(\omega));$

3)  $\varphi(\omega) = V(\omega) + U(\omega);$

4)  $\varphi(\omega) = |V(\omega)| + |U(\omega)|.$

7. Укажите верное тождество:

1)  $A(\omega) = 20 \lg L(\omega);$

2)  $L(\omega) = 20 \lg A(\omega);$

3)  $L(\omega) = 20 \ln A(\omega);$

4)  $L(\omega) = \ln A(\omega).$

8. Дано дифференциальное уравнение звена с постоянными параметрами:

$a_0 + a_1 + a_2$   $y = b_0 x$ . Записать уравнение в операторной форме.

1)  $(a_0 p^2 + a_1 p + a_2) Y(p) = b_0 X(p) B$   $a_0 Y(p^2) + a_1 p + a_2 = b_0 X(p)$

2)  $(a_0 d^2 + a_1 d + a_2) Y(t) = b_0 X(t) D$   $(a_0 p + a_1 - a_2) Y(p) = b_0 X(p) E$

3)  $(a_0 p + a_1 + a_2) Y(p) = b_0 X(p)$

9. Дано дифференциальное уравнение идеального дифференцирующего звена  $a_0$   $y = b_0$ . Записать данное уравнение в операторной форме.

1)  $a_0 Y(p) = b_0 p X(p) B$   $a_0 p = b_0 p^2$

2)  $a_0 Y(p) = b_0 p^2 X(p) D$   $a_0 Y(p) = b_0 X(p) E$   $a_0 Y(t) = b_0 X(t)$

10. Дано дифференциальное уравнение интегрирующего звена  $a_1 = b_0 x$ .

Записать данное уравнение в операторной форме.

1)  $a_0 p Y(p) = b_0 X(p) B$   $a_0 Y(p) = b_0 X(p)$

2)  $a_0 Y(p) = b_0 p X(p) D$   $a_0 p Y(p) = b_0 p X(p) E$   $a_0 Y(t) = b_0 X(p)$

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

**Задача 1.** Вывести формулу передаточной функции по заданному дифференциальному уравнению.

#### Пример решения

$$30 \frac{d^4}{dt^4} x_{\text{вых}}(t) + 25 \frac{d^2}{dt^2} x_{\text{вых}}(t) - 10 \frac{d}{dt} x_{\text{вых}}(t) + 10 x_{\text{вых}}(t) = 5 \frac{d}{dt} x_{\text{вх}}(t) + x_{\text{вх}}(t).$$

Для решения задачи необходимо в соответствии с правилами операционного исчисления записать данное дифференциальное уравнение в виде алгебраического уравнения

$$30p^4 X_{\text{вых}}(p) + 25p^2 X_{\text{вых}}(p) - 10p X_{\text{вых}}(p) + 10 X_{\text{вых}}(p) = 5p X_{\text{вх}}(p) + X_{\text{вх}}(p).$$

Вынося за скобки изображения выходного и входного сигналов в левой и правой части полученного уравнения, получим

$$X_{\text{вых}}(p)[30p^4 + 25p^2 - 10p + 10] = X_{\text{вх}}(p)[5p + 1].$$

Передаточная функция - это отношение изображений выходного и входного сигналов. Свернём это выражение по правилу пропорции, получим исковую передаточную функцию:

$$W(p) = \frac{X_{\text{вых}}(p)}{X_{\text{вх}}(p)} = \frac{5p + 1}{30p^4 + 25p^2 - 10p + 10}.$$

**Задача 2.** Нарисовать фазочастотную характеристику (ФЧХ) для звена по заданному дифференциальному уравнению.

### *Пример решения*

Заданное дифференциальное уравнение

$$30 \frac{d^2}{dt^2} x_{\text{вых}}(t) + 120 \frac{d}{dt} x_{\text{вых}}(t) = 60 x_{\text{вх}}(t)$$

необходимо привести к стандартному виду, когда коэффициент при выходном сигнале равен 1. Для этого в данном примере нужно правую и левую части заданного уравнения поделить на 120:

$$0,25 \frac{d^2}{dt^2} x_{\text{вых}}(t) + \frac{d}{dt} x_{\text{вых}}(t) = 0,5 x_{\text{вх}}(t).$$

$$W(p) = \frac{0,5}{p(0,25p + 1)}$$

Ему соответствует передаточная функция РИ-звена с параметрами  $k=0,5$  и  $T=0,25$  сек. График ФЧХ для этого звена приведен на рис. 1

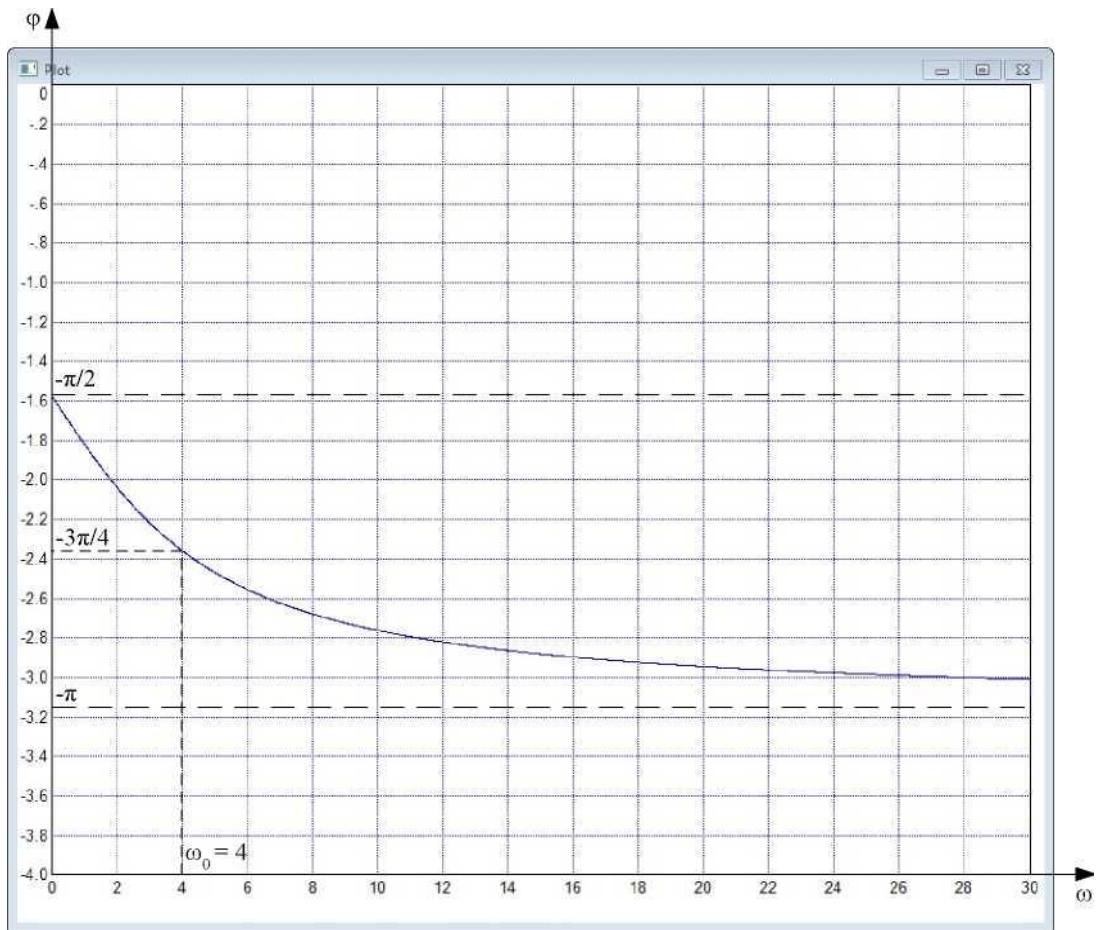


Рис. 1. ФЧХ интегрирующего звена с параметрами  $k=0,5$  и  $T=0,25$  сек

**Задача 3.** Нарисовать годограф для звена по заданному дифференциальному уравнению.

### *Пример решения*

Заданное дифференциальное уравнение

$$15 \frac{d^2}{dt^2} x_{\text{вых}}(t) + 30 \frac{d}{dt} x_{\text{вых}}(t) = 60 x_{\text{вх}}(t)$$

необходимо привести к стандартному виду, когда коэффициент при выходном сигнале равен 1. Для этого в данном примере нужно правую и левую части заданного уравнения поделить на 30:

$$0,5 \frac{d^2}{dt^2} x_{\text{вых}}(t) + \frac{d}{dt} x_{\text{вых}}(t) = 2 x_{\text{вх}}(t).$$

$$W(p) = \frac{2}{p(0.5p + 1)}$$

Ему соответствует передаточная функция РИ-звена с параметрами  $k=2$  и  $T=0.5$  сек. Годограф для этого звена приведен на рис. 2.

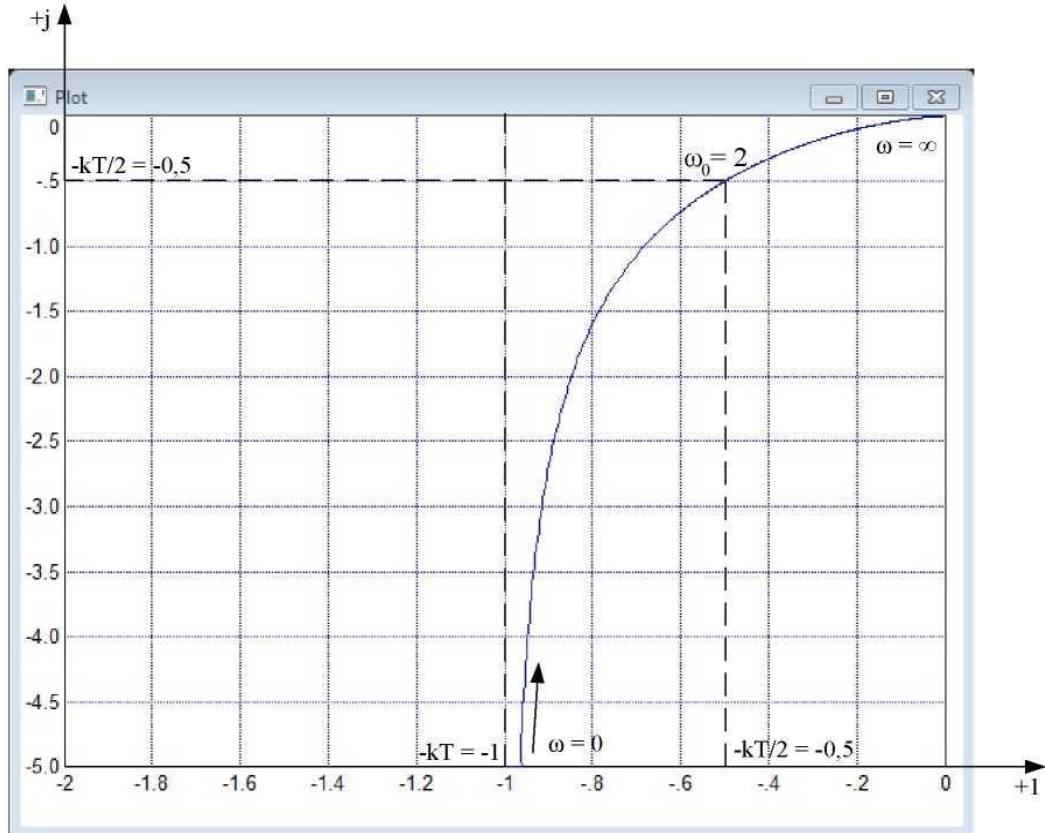


Рис. 2. Годограф интегрирующего звена с параметрами  $k=-1$  и  $T=0.5$  сек

**Задача 4.** Нарисовать асимптотическую ЛАЧХ для звена по заданному дифференциальному уравнению.

#### Пример решения

Заданное дифференциальное уравнение

$$80 \frac{d}{dt} x_{\text{вых}}(t) + 20x_{\text{вых}}(t) = 40x_{\text{вх}}(t)$$

необходимо привести к стандартному виду, когда коэффициент при выходном сигнале равен 1. Для этого в данном примере нужно правую и левую части заданного уравнения поделить на 20:

$$4 \frac{d}{dt} x_{\text{вых}}(t) + x_{\text{вых}}(t) = 2x_{\text{вх}}(t).$$

$$W(p) = \frac{2}{4p+1}$$

Ему соответствует передаточная функция А-звена с параметрами  $k=2$  и  $T=4$  сек. Построение асимптотической ЛАЧХ для этого звена приведено на рис. 3.

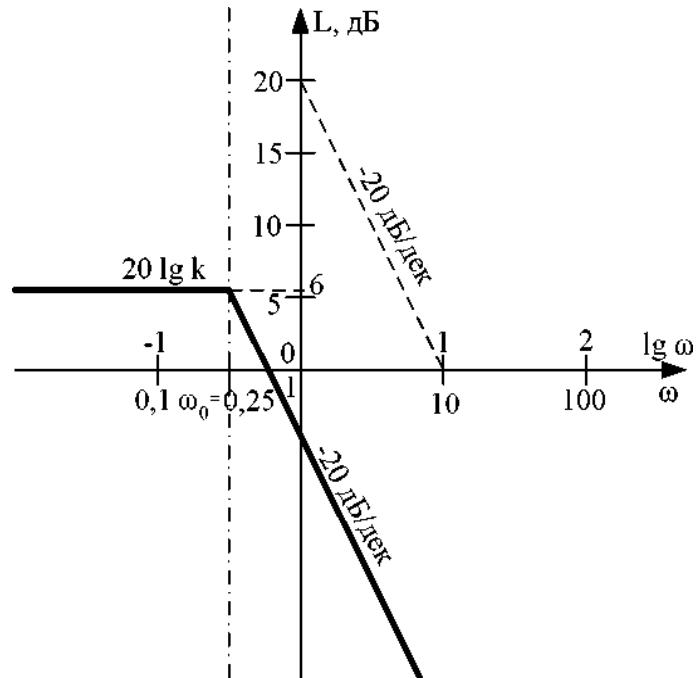


Рис. 3. Асимптотическая ЛАЧХ А-звена с параметрами  $k=2$  и  $T=4$  сек

**Задача 5.** Нарисовать переходный процесс для звена заданного типа с заданными параметрами.

#### *Пример решения*

Интегрирующее звено с параметрами  $k=10$  и  $T=2$  сек описывается

$$W(p) = \frac{10}{p(2p+1)}.$$

передаточной функцией  
приведен на рис. 4.

переходный процесс для этого звена

**Задача 6.** Нарисовать АЧХ для звена заданного типа с заданными параметрами.

## Пример решения

Апериодическое звено с параметрами  $k=12$  и  $T=20$  сек описывается

передаточной функцией  $W(p) = \frac{12}{20p + 1}$ . График АЧХ для этого звена приведен на рис. 5.

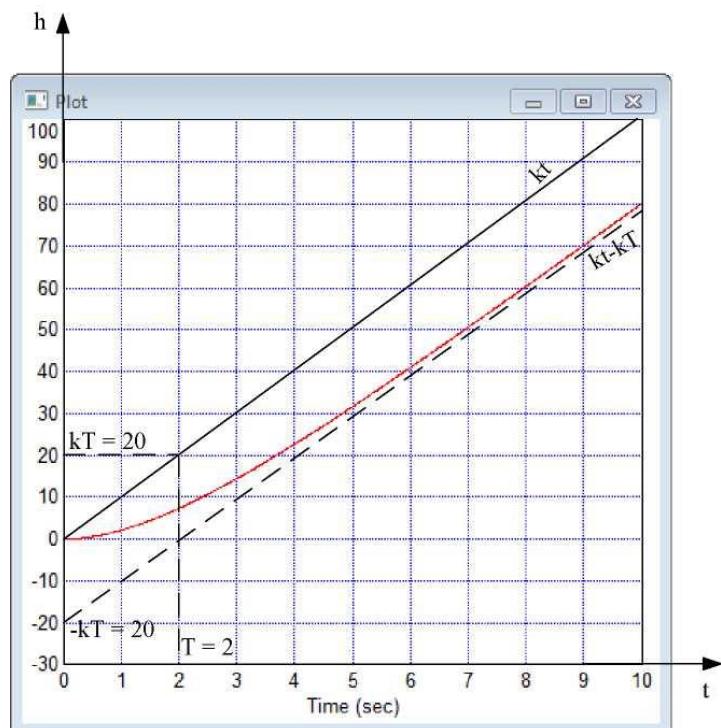


Рис. 4. Переходная функция интегрирующего звена с  $k=10$  и  $T=2$  сек

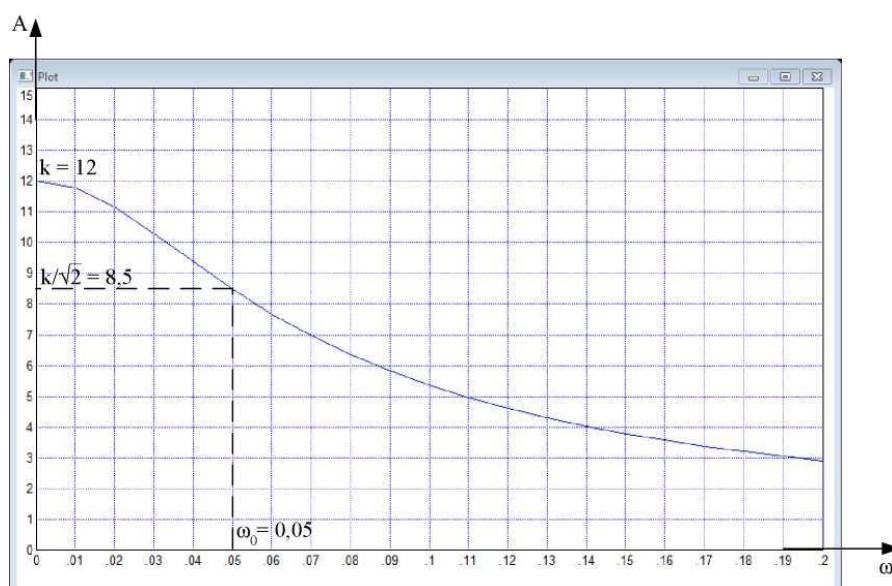


Рис. 5. АЧХ апериодического звена с параметрами  $k=12$  и  $T=20$  сек

**Задача 7.** Нарисовать ФЧХ для звена заданного типа с заданными параметрами.

### *Пример решения*

Дифференцирующее звено с параметрами  $k=15$  и  $T=0,1$  описывается

передаточной функцией  $W(p) = \frac{15p}{0,1p + 1}$  График ФЧХ для него приведен на рис. 6.

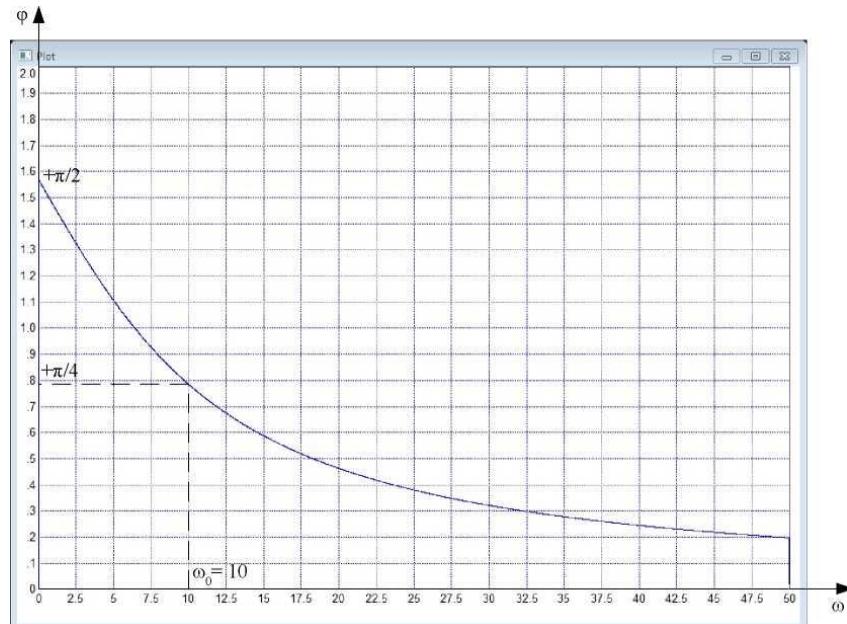


Рис. 6. ФЧХ дифференцирующего звена с параметрами  $k=15$  и  $T=0,1$  сек

**Задача 8.** Нарисовать годограф для звена заданного типа с заданными параметрами.

### *Пример решения*

Апериодическое звено с параметрами  $k=25$  и  $T=0,1$  сек описывается

передаточной функцией  $W(p) = \frac{25}{0,1p + 1}$ . Годограф для него приведен на рис. 7.

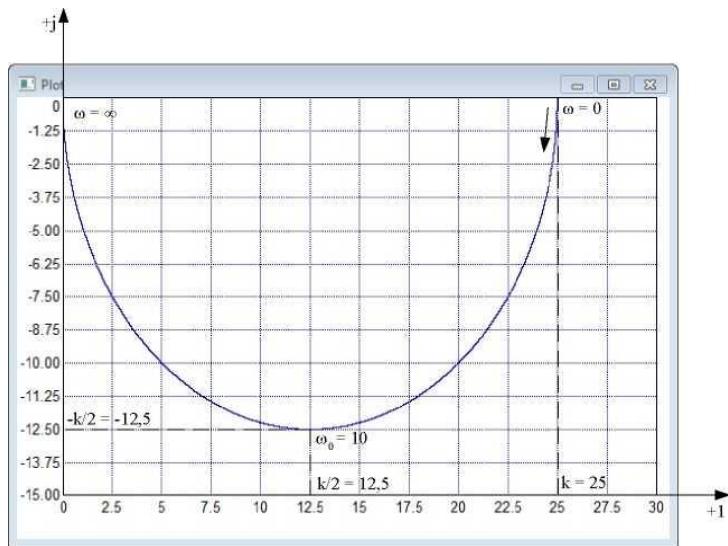


Рис. 7. Годограф апериодического звена с  $k=25$  и  $T=0,1$  сек

**Задача 9.** Нарисовать асимптотическую ЛАЧХ для звена заданного типа с заданными параметрами.

#### *Пример решения*

РИ-звено с параметрами  $k=25$  и  $T=0,1$  сек описывается передаточной

функцией  $W(p) = \frac{25}{p(0,1p + 1)}$ . Его асимптотическая ЛАЧХ приведена на рис. 8.

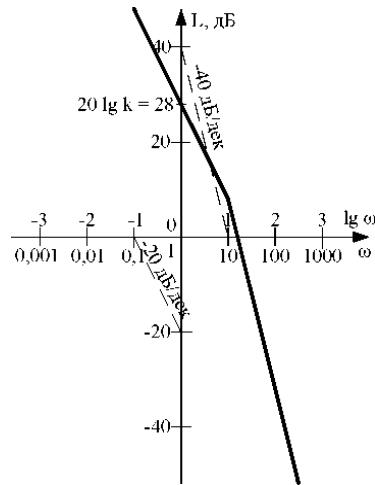


Рис. 8. Асимптотическая ЛАЧХ интегрирующего звена с  $k=25$  и  $T=0,1$  сек

**Задача 10.** Нарисовать реакцию П-звена на заданный сигнал. Входной и выходной сигналы должны быть нарисованы в одной координатной плоскости.

## Пример решения

Коэффициент усиления  $k_p$  для рассматриваемого примера равен 2. Графики входного и выходного сигнала представлены на рис. 9.

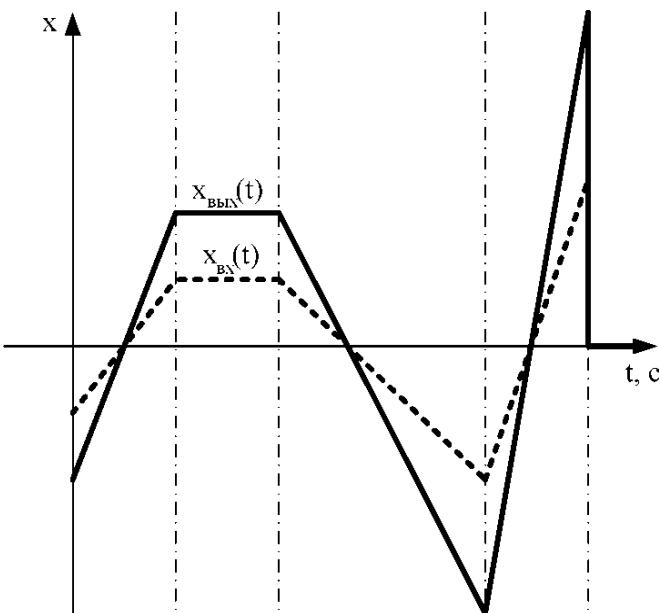


Рис. 9. Реакция П-звена на заданный входной сигнал

### 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Понятие системы. Классификация систем. Понятие системы автоматического управления (САУ).
2. Классификация систем автоматического управления.
3. Основные понятия и принципы построения САУ.
4. Характеристика объектов управления и сигналов, действующих в САУ.
5. Фундаментальные принципы управления: разомкнутое управление, управление по возмущению, по отклонению, комбинированное управление.
6. Основные виды автоматического управления: стабилизация, следящее, программное, оптимальное и адаптивное.
7. Классификация САУ по принципам и видам управления, типу сигналов и характеристикам параметров системы.
8. Математическое описание непрерывных САУ.
9. Установившиеся и переходные процессы в САУ. Уравнения статики и динамики.
10. Типовые позиционные динамические звенья, их характеристики.
11. Типовые интегрирующие динамические звенья, их характеристики.
12. Типовые дифференцирующие динамические звенья, их характеристики.
13. Методы линеаризации характеристик и дифференциальных уравнений

САУ.

14. Векторно-матричные уравнения системы в пространстве состояний.
15. Применение операторного метода для решения уравнений САУ.
16. Понятие передаточной функции. Связь передаточной функции с весовой и переходной характеристиками.
17. Передаточные функции САУ. Нули и полюса передаточной функции.
18. Характеристический полином и характеристическое уравнение системы.
19. Передаточные функции замкнутых систем по управляющему воздействию.
20. Передаточные функции замкнутых систем по возмущающему воздействию.
21. Передаточная функция по ошибке. Коэффициенты ошибок.
22. Устойчивость линейных САУ. Алгебраические и частотные критерии устойчивости.
23. Критерий Рауса. Определение границ устойчивости.
24. Критерий Гурвица. Определение границы колебательной и апериодической устойчивости.
25. Частотный критерий Найквиста. Определение запасов устойчивости.
26. Частотный критерий Михайлова. Определение устойчивости и границ колебательной устойчивости.
27. Запас по амплитуде и фазе в устойчивых системах.
28. Определение устойчивости по логарифмическим амплитудно-фазовым частотным характеристикам разомкнутой системы.
29. Определение областей устойчивости. Д-разбиение.
30. Ошибка в САУ по амплитуде и частоте. Полоса пропускания, частота среза, запасы устойчивости по фазе и амплитуде (модулю).
31. Статические и астатические системы автоматического управления.

### **7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач**

1. Понятие системы. Классификация систем. Понятие системы автоматического управления (САУ).
2. Классификация систем автоматического управления.
3. Основные понятия и принципы построения САУ.
4. Характеристика объектов управления и сигналов, действующих в САУ.
5. Фундаментальные принципы управления: разомкнутое управление, управление по возмущению, по отклонению, комбинированное управление.
6. Основные виды автоматического управления: стабилизация, следящее, программное, оптимальное и адаптивное.
7. Классификация САУ по принципам и видам управления, типу сигналов и характеристикам параметров системы.
8. Математическое описание непрерывных САУ.
9. Установившиеся и переходные процессы в САУ. Уравнения статики и

динамики.

10. Типовые позиционные динамические звенья, их характеристики.
11. Типовые интегрирующие динамические звенья, их характеристики.
12. Типовые дифференцирующие динамические звенья, их характеристики.
13. Методы линеаризации характеристик и дифференциальных уравнений САУ.
14. Векторно-матричные уравнения системы в пространстве состояний.
15. Применение операторного метода для решения уравнений САУ.
16. Понятие передаточной функции. Связь передаточной функции с весовой и переходной характеристиками.
17. Передаточные функции САУ. Нули и полюса передаточной функции.
18. Характеристический полином и характеристическое уравнение системы.
19. Передаточные функции замкнутых систем по управляющему воздействию.
20. Передаточные функции замкнутых систем по возмущающему воздействию.
21. Передаточная функция по ошибке. Коэффициенты ошибок.
22. Устойчивость линейных САУ. Алгебраические и частотные критерии устойчивости.
23. Критерий Рууса. Определение границ устойчивости.
24. Критерий Гурвица. Определение границы колебательной и апериодической устойчивости.
25. Частотный критерий Найквиста. Определение запасов устойчивости.
26. Частотный критерий Михайлова. Определение устойчивости и границ колебательной устойчивости.
27. Запас по амплитуде и фазе в устойчивых системах.
28. Определение устойчивости по логарифмическим амплитудно-фазовым частотным характеристикам разомкнутой системы.
29. Определение областей устойчивости. Д-разбиение.
30. Ошибка в САУ по амплитуде и частоте. Полоса пропускания, частота среза, запасы устойчивости по фазе и амплитуде (модулю).
31. Статические и астатические системы автоматического управления.
32. Анализ качества в линейных САУ. Оценка качества в установившихся и переходных процессах.
33. Корневые методы оценки качества процессов в САУ.
34. Оценка качества управления при гармоническом воздействии. Запас по фазе и амплитуде.
35. Интегральные оценки качества САУ.
36. Частотные оценки качества САУ.
37. Динамические и статические ошибки в САУ.
38. Повышение качества и синтез линейных САУ.
39. Коррекция систем. Постановка задачи коррекции САУ.
40. Последовательные корректирующие устройства.

41. Параллельные корректирующие устройства.
42. Использование обратных связей для повышения качества процесса управления САУ.
43. Понятие желаемой ЛАЧХ, методика ее построения.
44. Синтез корректирующих устройств по ЛАЧХ.
45. Теория инвариантных систем.
46. Методы создания инвариантных по возмущающему воздействию систем.
47. Дискретные САУ, их классификация и принципы функционирования.
48. Импульсные САУ, их характеристики.
49. Передаточная функция импульсной САУ.
50. Использование Z – преобразования для анализа импульсных САУ.
51. Устойчивость и качество импульсных систем.
52. Нелинейные САУ, их особенности и принципы функционирования.
53. Особенности математического описания нелинейных САУ.
54. Анализ нелинейных САУ с помощью метода фазовых траекторий.
55. Метод гармонической линеаризации нелинейных САУ.
56. Устойчивость нелинейных САУ.
57. Релейные САУ, их характеристики и принципы функционирования.
58. Понятие особых САУ. Системы с переменными параметрами.
59. Системы с запаздыванием и распределенными параметрами.
60. Особенности динамики нелинейных систем. Релейные системы. Устойчивость.
61. Системы оптимального управления: принципы построения, методы анализа и синтеза. Критерии оптимальности.

#### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.

#### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Основные понятия и определения теории автоматического управления	ОПК-3, ПК-1, ПК-2	Тест
2	Математическое описание систем	ОПК-3, ПК-1, ПК-	Тест, контрольная

	автоматического управления	2	работа, защита лабораторных работ
3	Устойчивость линейных САУ	ОПК-3, ПК-1, ПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
4	Анализ качества процессов регулирования САУ	ОПК-3, ПК-1, ПК-2	Тест, защита лабораторных работ
5	Синтез корректирующих устройств и улучшение качества процессов регулирования	ОПК-3, ПК-1, ПК-2	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
6	Инвариантные, нелинейные, дискретные и оптимальные САУ	ОПК-3, ПК-1, ПК-2	Тест

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Зашита курсовой работы осуществляется в форме собеседования по основным результатам расчетов и сделанным выводам. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

Теория автоматического управления [Текст] : учебник : допущено МО РФ / под ред. В. Б. Яковлева. - 2-е изд., перераб. - Москва : Высш. шк., 2005 (Казань : Идел-Пресс, 2005). - 566 с. - ISBN 5-06-004096-8 : 323-00.

Гайдук А.Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решением в MATLAB. / А.Р. Гайдук, В.Е. Беляев, Т.А. Пьявченко.- ЭБС

Лань.- 2017.

Барметов Ю.П. Теория автоматического управления. Лабораторный практикум. / Ю.П. Барметов, Е.А. Балашов, В.И. Битюков. - ЭБС Лань.- 2017.

Есаков В.А Основы теории автоматического управления. / В.А. Есаков, В.Г. Дудко.- ЭБС Лань.- 2011.

Ким Д.П. Сборник задач по теории автоматического управления, Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы./ Д.П. Ким. - ЭБС Лань.- 2008.

Ким Д.П. Сборник задач по теории автоматического управления, Линейные системы./ Д.П. Ким. - ЭБС Лань.- 2007.

Винокуров С.А. Теория автоматического управления: лабораторный практикум: учеб. пособие / С.А. Винокуров, В.Е. Букатова. — Воронеж: ГОУ ВПО «ВГТУ», 2007. — 132 с.

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

**8.2.1 Программное обеспечение**

- Windows Professional 8.1 (7 и 8) Single Upgrade MVL A Each Academic
- OpenOffice;
- Adobe Acrobat Reader;
- Internet explorer;
- Opera;
- SMath Studio.

**8.2.2 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

- Российское образование. Федеральный портал. <http://www.edu.ru/>
- Образовательный портал ВГТУ <https://education.cchgeu.ru/>

**8.2.3 Информационные справочные системы**

- <http://window.edu.ru>
- <https://wiki.cchgeu.ru/>

**8.2.4 Современные профессиональные базы данных**

- Национальная электронная библиотека. URL: [elibrary.ru](http://elibrary.ru)
- Electrical 4U. Разделы сайта: «Машины постоянного тока», «Трансформаторы», «Электротехника», «Справочник». Адрес ресурса: <https://www.electrical4u.com/>
- All about circuits. Одно из самых крупных онлайн-сообществ в области электротехники. На сайте размещены статьи, форум, учебные материалы (учебные пособия, видеолекции, разработки, вебинары) и другая информация. Адрес ресурса: <https://www.allaboutcircuits.com>

- Netelectro. Новости электротехники, оборудование и средства автоматизации. Информация о компаниях и выставках, статьи, объявления. Адрес ресурса: <https://netelectro.ru/>
- Marketelectro. Отраслевой электротехнический портал. Представлены новости отрасли и компаний, объявления, статьи, информация о мероприятиях, фотогалерея, видеоматериалы, нормативы и стандарты, библиотека, электромаркетинг. Адрес ресурса: <https://marketelectro.ru/>
- Электротехнический портал. <http://электротехнический-портал.рф/>
- Единый портал инноваций и уникальных изобретений. Адрес ресурса: <http://innovationportal.ru/>

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.

Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума.

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Теория автоматического управления».

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета систем автоматического управления. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на математических моделях с использованием современных инструментальных средств и компьютерной техники в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методических материалах. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, зашитой курсовой работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять

	ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомится с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом, экзаменом, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

## Лист регистрации изменений

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	30.08.2018	
2	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	30.08.2018	
3	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2019	
4	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2020	

