

Автономная некоммерческая организация высшего образования  
«СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ОТКРЫТЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

«Утверждаю»

Проректор по УМР

О.М. Вальц

«08» сентября 2016 г.



**Рабочая программа дисциплины**  
**«ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ»**

Направление подготовки:

**13.03.02 Электроэнергетика и электротехника**

Профили подготовки:

**13.03.02.1 Электромеханика**

**13.03.02.2 Электроэнергетические системы и сети**

**13.03.02.3 Электрические и электронные аппараты**

**13.03.02.4 Электроснабжение**

Квалификация (степень):

**бакалавр**

Форма обучения:

**заочная**

Санкт-Петербург, 2016

Рабочая программа дисциплины «Теория автоматического управления» разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Основным документом для разработки рабочей программы является рабочий учебный план по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Профили подготовки:

13.03.02.1 Электромеханика

13.03.02.2 Электроэнергетические системы и сети

13.03.02.3 Электрические и электронные аппараты

13.03.02.4 Электроснабжение

Учебные и методические материалы по учебной дисциплине размещены в электронной информационно-образовательной среде университета.

**Разработчик:** О.Л. Соколов, к.т.н., доцент

**Рецензент:** В.Л.Беляев, д.т.н., профессор

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «Электроэнергетики и электроники» от «7» сентября 2016 года, протокол № 1.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....	4
2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....	5
3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ .....	5
4. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ .....	6
5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	10
5.1. Темы контрольной работы .....	10
5.2. Темы курсовых работ .....	10
5.3. Перечень методических рекомендаций .....	10
5.4. Перечень вопросов для подготовки к экзамену .....	10
6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	13
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	13
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	14
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....	14
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	15
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ .....	15
12. БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ .....	15
Приложение .....	18

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Целями освоения дисциплины «Теория автоматического управления» является:

- формирование знаний об автоматических устройствах, как средствах управления режимами работы, защиты и регулирования параметров различными типами электротехнических и электроэнергетических объектов; изучение задач экспериментального исследования, теории и техники эксперимента при проектировании, испытаниях и производстве различных автоматических устройств.

1.2. Изучение дисциплины «Теория автоматического управления» способствует решению следующей задачи профессиональной деятельности:

ознакомление с методами теоретического исследования и техникой систем автоматического управления.

1.3. Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

## *Профессиональные (ПК)*

<i>Код компетенции</i>	<i>Наименование и (или) описание компетенции</i>
<b>ПК-4</b>	способностью проводить обоснование проектных решений
<b>ПК-7</b>	Готовностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике.
<b>ПК-12</b>	Готовностью к участию в испытаниях вводимого в эксплуатацию электроэнергетического и электротехнического оборудования
<b>ПК-14</b>	способностью применять методы и технические средства эксплуатационных испытаний и диагностики электроэнергетического и электротехнического оборудования
<b>ПК-15</b>	способностью оценивать техническое состояние и остаточный ресурс оборудования

1.4. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:** автоматические устройства, как средства управления режимами работы, защиты и регулирования объектов электротехники и электроэнергетики; физические явления в автоматических устройствах и основы теории автоматических устройств; задачи экспериментального исследования; теорию и технику эксперимента при проектировании, испытаниях и производстве автоматических

устройств..

**Уметь:** применять теорию и технику эксперимента при проектировании, испытаниях и производстве систем автоматических устройств.

**Владеть:** методами экспериментального исследования, теорией и техникой эксперимента.

## 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

Дисциплина взаимосвязана с дисциплинами опорных учебных дисциплин учебного плана: математика; химия; начертательная геометрия и инженерная графика; физика; информатики; теоретической механики; физические основы электроники; электрическое и конструкционное материаловедение; теоретические основы электротехники; прикладная механика; метрология, стандартизация и сертификация, основы электромеханики, теоретические основы электротехники, электрические машины, общая энергетика, силовая электроника, электрические и электронные аппараты, основы теории надёжности.

Дисциплина является предшествующей для изучения специальных дисциплин.

Приобретённые знания будут непосредственно использованы студентами при изучении последующих дисциплин, прохождении производственной практики, написании выпускных квалификационных работ.

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ

№ п/п	Наименование модуля и темы учебной дисциплины	Трудоёмкость по учебному плану (час/з.е.)	Виды занятий				Виды контроля		
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Контрольная работа	Курсовая работа (проект)	Экзамен
<b>1.</b>	<b>Модуль 1. Принципы построения и математические модели непрерывных САУ</b>	<b>40/1,1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		<b>36</b>			
1.1	Введение	3/0,1	0,25			2,75			
1.2.	Тема 1.1. Принципы построения САУ	7/0,2	1			6			
1.3.	Тема 1.2. Математические модели непрерывных САУ	15/0,4	0,25	1		13,75			

1.4.	Тема 1.3. Основные элементы САУ	15/0,4	0,5	1		13,5			
<b>2.</b>	<b>Модуль 2. Анализ процессов в САУ</b>	<b>55/1,5</b>	<b>2</b>	<b>4</b>		<b>49</b>			
2.1.	Тема 2.1. Анализ устойчивости САУ	30/0,8	1	2		27	1		
2.2.	Тема 2.2. Анализ процессов в САУ при внешних воздействиях	25/0,7	1	2		22			
<b>3.</b>	<b>Модуль 3. Дискретные САУ</b>	<b>65/1,8</b>	<b>1</b>	<b>6</b>		<b>59</b>			
3.1.	Тема 3.1. Импульсные САУ	20/0,6	1	2		17			
3.2.	Тема 3.2. Цифровые САУ	45/1,2		4		41			
<b>4.</b>	<b>Модуль 4. Оптимальные и адаптивные САУ</b>	<b>20/0,6</b>	<b>1</b>			<b>19</b>			
4.1.	Тема 4.1. Оптимальные САУ	10/0,3	0,5			9,5			
4.2.	Тема 4.2. Адаптивные САУ	10/0,3	0,5			9,5			
<b>Всего</b>		<b>180/5</b>	<b>6</b>	<b>12</b>		<b>162</b>	<b>1</b>		<b>1</b>

#### **4. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ(180часов)**

##### **Модуль 1. Принципы построения и математические модели непрерывных САУ (40 часов)**

##### **Введение (3 часа)**

Бурное развитие автоматических регуляторов началось с изобретением паровой машины.

В 1765 г. русский механик И.И.Ползунов изобрел регулятор питания котла паровой машины, автоматически поддерживающий заданный уровень воды в котле. Им же впервые был предложен и принцип регулирования по отклонению.

В 1784 г. английский механик Дж.Уатт изобрел центробежный регулятор скорости паровой машины.

В 1808 г. французский механик Ж. Жоккар изобрел первое программное устройство управления по перфокарте ткацким станком для воспроизведения заданных узоров.

Автоматические регуляторы Ползунова, Уатта, Жоккара открыли путь потоку изобретений регуляторов и принципов регулирования.

Основы научного подхода к проектированию автоматических регуляторов были заложены трудами английского ученого Дж.Максвелла (1866 г., "О регуляторах") и русского ученого И.А.Вышнеградского (1876 г., "Об общей теории регуляторов").

Крупный вклад в теорию автоматического регулирования внесли работы великого русского ученого Н.Е.Жуковского (1909 г., "Теория регулирования хода машин") и труды русского математика А.А.Ляпунова, исследовавшего устойчивость автоматических систем, описываемых нелинейными дифференциальными уравнениями.

В настоящее время развитие автоматики идет по пути разработки и широкого внедрения цифровых методов, устройств и систем, использующих цифровую технику и ЭВМ.

***Виды учебных занятий:***

Лекция:

Введение

0,25 час.

### **Тема 1.1. Принципы построения САУ (7 часов)**

Принципы построения САУ.

Классификация системы автоматки:

- по отслеживаемому параметру сигнала, рассматриваемого в качестве задающего воздействия;

- по характеру уравнения, описывающего поведение системы (непрерывное или дискретное, линейное или нелинейное, с постоянными или переменными параметрами);

- по поведению в условиях априорной неопределенности статистических характеристик задающего воздействия и помех и другим признакам.

**Виды учебных занятий:**

Лекция:

Принципы построения САУ

1 час.

### **Тема 1.2. Математические модели непрерывных САУ (15 часов)**

Математическое описание элементов обобщенной функциональной схемы как средство анализа САУ. Цель анализа, понятие показателей качества.

Дифференциальное уравнение системы. Операторный коэффициент передачи (ОКП) как способ компактной формы (символической) записи дифференциального уравнения линейной системы.

Правила отыскания ОКП для САУ. Комплексный коэффициент передачи (ККП), передаточная функция (ПФ), импульсная характеристика (ИХ) как почти эквивалентные способы описания систем автоматки, их связь с ОКП.

Примеры построения ОКП и других характеристик САУ на примере типовых фильтров.

**Виды учебных занятий:**

Лекция:

Математическое описание элементов САУ

0,25 час..

Практические занятия.

Комплексный коэффициент передачи (ККП), передаточная функция (ПФ), импульсная характеристика (ИХ)

1 час

### **Тема 1.3. Основные элементы САУ (15 часов)**

Типовые входные сигналы, используемые для теоретического и экспериментального исследования автоматических систем.

Переходная и импульсная переходная функции линейного элемента (системы). Типовые динамические звенья, их характеристики и виды соединений.

Измерители рассогласования (дискриминаторы) и их схемная реализация. Дискриминационная и флуктуационная характеристики дискриминатора.

Зависимость статистических характеристик дискриминатора от соотношения сигнал/шум на входе приемного устройства.

**Виды учебных занятий:**

Лекция:

Переходная и импульсная переходная функции ли-

0,5 час.

нейного элемента

Практические занятия. Типовые входные сигналы 1 час

## **Модуль 2. Анализ процессов в САУ (55 часов)**

### **Тема 2.1. Анализ устойчивости САУ (30 часов)**

Понятие устойчивости - ее физический смысл. Прямой и косвенные (алгебраический и частотные) методы анализа устойчивости.

Факторы, влияющие на устойчивость. Запас устойчивости. Пути повышения устойчивости.

#### ***Виды учебных занятий:***

Лекция:	Понятие устойчивости - ее физический смысл	1 час..
Практические занятия.	Расчет устойчивости САУ	2 час

### **Тема 2.2. Анализ процессов в САУ при внешних воздействиях (25 часов)**

Анализ детерминированных процессов при характерных воздействиях и типовых звеньях методом преобразования Лапласа. Использование принципа суперпозиции воздействий.

Ошибки слежения в переходном и установившемся режимах, способы их уменьшения. Системы с астатизмом и их свойства.

Анализ качества функционирования САУ при случайных воздействиях, описывающих отслеживаемый параметр и помеху. Дисперсия ошибки в установившемся режиме.

Средний квадрат результирующей ошибки при одновременных детерминированном и случайном воздействиях как мера точности системы.

#### ***Виды учебных занятий:***

Лекция:	Анализ детерминированных процессов	1 час.
Практические занятия.	Расчет ошибок слежения	2 час

## **Модуль 3. Дискретные САУ (65 часов)**

### **Тема 3.1. Импульсные САУ (20 часов)**

Представление импульсной системы в виде соединения импульсного элемента и непрерывной части. Получение реальных импульсов на выходе импульсного элемента с помощью формирующего элемента. Передаточная функция формирующего элемента.

Фиксатор и его реакция на модулированную последовательность кратковременных импульсов. Структурная схема импульсно-непрерывной системы.

Анализ устойчивости импульсных САУ. Методы анализа детерминированных и случайных процессов в линейных дискретных САУ.

Оценка ошибок от детерминированных и случайных воздействий. Условие



эквивалентности дискретных и непрерывных систем.

**Виды учебных занятий:**

Лекция:	Передаточная функция формирующего элемента.	1 час.
Практические занятия.	Анализ устойчивости импульсных САУ	2 часа

**Тема 3.2. Цифровые САУ (45 часов)**

Структурная схема цифровой САУ. Преимущества и недостатки использования цифровых САУ по сравнению с аналоговыми.

Аналого-цифровые системы и цифровые САУ и их описание, использующее математический аппарат дискретных систем: дискретных функций времени, дискретного преобразования Лапласа и  $z$ -преобразования.

Определение характеристик дискретных САУ: дискретных передаточных функций, разностных уравнений, операторных коэффициентов передачи, комплексных коэффициентов передачи.

Цифровые дискриминаторы САУ, их статистические эквиваленты.

Цифровые фильтры САУ. Синтез этих фильтров по аналоговому прототипу. Способы реализации цифровых фильтров в САУ.

Примеры построения цифровых САУ.

Методы и приемы анализа цифровых САУ: моделирование на ЭВМ, сведение к линейным дискретным системам, сокращение числа элементов временной дискретизации, переход к эквивалентным непрерывным системам.

Погрешности цифровых систем, вызванные квантованием по уровню и округлением. Использование микропроцессоров в цифровых САУ.

**Виды учебных занятий:**

Практические занятия.	Использование микропроцессоров в цифровых САУ.	4 час
-----------------------	--	-------

**Модуль 4. Оптимальные и адаптивные САУ (20 часов)**

**Тема 4.1. Оптимальные САУ (10 часов)**

Критерии оптимизации. Сведение задачи синтеза фильтра в контуре следящей системы к общей задаче оптимальной линейной фильтрации.

Интегральные уравнения для импульсной переходной функции оптимального фильтра. Определение комплексного коэффициента передачи оптимального линейного фильтра. Методика расчета.

Определение потенциальной точности слежения при использовании в системе оптимального фильтра.

Синтез оптимальных фильтров методом пространства состояний.

**Виды учебных занятий:**

Лекция:	Критерии оптимизации	0,5 час.
---------	----------------------	----------

**Тема 4.2. Адаптивные САУ (10 часов)**

Адаптивные системы и их виды. Адаптивные самонастраивающиеся системы, в которых оптимальный режим поддерживается только за счёт регулировки параметров системы при сохранении её структуры.

Адаптивные самоорганизующиеся системы, в которых оптимальный режим поддерживается за счёт изменения её структуры.

Структурные схемы систем двух видов. Критерии качества работы адаптивных систем. Примеры адаптивных систем.

**Виды учебных занятий:**

Лекция: Адаптивные системы и их виды 0,5 часа

## **5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **5.1. Темы контрольной работы**

Тема контрольной работы: Анализ устойчивости САУ

### **5.2. Темы курсовых работ**

Выполнение курсовой работы (проекта) учебным планом не предусмотрено. Учебным планом не предусмотрены

### **5.3. Перечень методических рекомендаций**

№ п/п	Наименование
1	Методические рекомендации по выполнению контрольной работы
2	Методические рекомендации по выполнению практической работы

### **5.4. Перечень вопросов для подготовки к экзамену** **Модуль 1. Принципы построения и математические модели непрерывных САУ**

1. Основные элементы автоматической системы.
2. Поясните отличие принципа регулирования по отклонению от принципа регулирования по возмущению.
3. Предназначение в автоматической системе элементов, называемых датчиком и задатчиком?
4. Для чего в автоматическую систему вводят корректирующие элементы?
5. Какая автоматическая система считается устойчивой?
6. По каким признакам классифицируют САУ?
7. Чем отличается разомкнутая система автоматического регулирования от замкнутой системы?
8. Какие типы САУ наиболее часто используются и в чем заключаются отличия между ними?
9. Что такое операторный коэффициент передачи звена САУ?
10. Чем отличается динамическая характеристика звена (системы) автома-

тики от статической характеристики?

11. В чем состоит отличие преобразования Фурье от преобразования Лапласа?

12. Что такое передаточная функция автоматической системы и что она характеризует?

13. Назовите динамические характеристики САУ.

14. Почему некоторые виды сигналов, используемые в качестве входных сигналов САУ, называют типовыми?

15. Назовите основные типовые сигналы.

16. Почему белый шум используют в качестве типового входного сигнала?

17. Какой типовой сигнал используется для определения переходной функции?

18. Какие свойства автоматической системы можно определить по ее переходной характеристике?

19. В чем заключается отличие переходной функции от импульсной переходной функции?

20. Что представляет собой типовое линейное звено САУ?

21. Какими характеристиками описываются типовые линейные звенья автоматических систем?

22. Какие способы соединения звеньев используются при построении САУ?

23. Для чего предназначены дискриминаторы в САУ?

24. Как изменяется дискриминационная характеристика дискриминатора при действии аддитивной помехи?

## **Модуль 2. Анализ процессов в САУ**

1. Как определяется устойчивость САУ с физической и математической точек зрения?

2. Какой характер имеет переходная составляющая в устойчивой и неустойчивой системах?

3. Что необходимо и достаточно для устойчивости САУ?

4. Что такое критерии устойчивости?

5. Какие критерии устойчивости применяют для оценки устойчивости САУ?

6. Что такое запас устойчивости?

7. Как определить устойчивость по ЛЧХ?

8. Какие характеристики составляют понятие качества работы САУ?

9. Что такое статическая и динамическая ошибки САУ?

10. Что характеризует суммарная средняя квадратическая ошибка?

11. Какие упрощения принимают при анализе средней квадратической ошибки?

12. Как графоаналитическим методом в инженерной практике определяют среднюю квадратическую ошибку?

## **Модуль 3. Дискретные САУ**

1. Каково назначение в импульсных САУ импульсного элемента?

2. Что такое статическая характеристика импульсного элемента?
3. Что представляют собой простой импульсный элемент и формирующий элемент?
4. Как определяется передаточная функция формирующего элемента?
5. Что представляет собой приведенная непрерывная часть импульсной САУ?
6. Что такое дискретная функция времени?
7. Что является аналогами дифференциалов и интегралов при использовании дискретных функций времени?
8. Чем описываются динамические процессы в дискретных САУ?
9. Чем отличается дискретное преобразование Лапласа от обычного преобразования Лапласа?
10.  $z$ -изображения функций времени.
11. Использование обычного и дискретного преобразований Лапласа и  $z$ -преобразования.
12. Как формулируется условие устойчивости импульсной системы?
13. Какое математическое выражение служит исходным для оценки устойчивости импульсной системы?
14. Показатели качества работы дискретных автоматических систем.
15. Как определяется дискретная переходная функция САУ?
16. Каким способом можно определить величину ошибки в установившемся режиме для дискретной системы?
17. Структурная схема цифровой САУ.
18. Преимущества и недостатки использования цифровых САУ по сравнению с аналоговыми.
19. Аналого-цифровые системы и цифровые САУ.
20. Математический аппарат дискретных систем: дискретных функций времени, дискретного преобразования Лапласа и  $z$ -преобразования.
21. Определение характеристик дискретных САУ.
22. Дискретная передаточная функция.
23. Разностные уравнения.
24. Операторные коэффициенты передачи.
25. Комплексные коэффициенты передачи.
26. Цифровые фильтры САУ.
27. Синтез этих фильтров по аналоговому прототипу.
28. Способы реализации цифровых фильтров САУ.
29. Методы и приемы анализа цифровых САУ.
30. Моделирование на ЭВМ.
31. Погрешности цифровых систем, вызванные квантованием по уровню и округлением.
32. Использование микропроцессоров в цифровых САУ.

#### **Модуль 4. Оптимальные и адаптивные САУ**

1. Какую САУ называют оптимальной?
2. Чем отличаются два типа оптимальных систем?

3. Какие адаптивные САУ позволяет синтезировать современный уровень развития радиоэлектроники?
4. Критерии оптимизации.
5. Сведение задачи синтеза фильтра в контуре следящей системы к общей задаче оптимальной линейной фильтрации.
6. Интегральные уравнения для импульсной переходной функции оптимального фильтра.
7. Определение комплексного коэффициента передачи оптимального линейного фильтра. Методика расчета.
8. Определение потенциальной точности слежения при использовании в системе оптимального фильтра.
9. Синтез оптимальных фильтров методом пространства состояний.
10. Адаптивные системы и их виды.
11. Перспективы развития систем РА в связи с дальнейшей 13пределяя13циией при развитии нанотехнологий и цифровизацией радиоаппаратуры на новой элементной базе.
12. Какие методы поиска оптимальных параметров САУ?
13. Чем отличается метод Гаусса-Зайделя от методов градиента и наискорейшего спуска?

## **6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине по решению кафедры оформлен отдельным 13пределяя13зем к рабочей программе.

## **7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основной**

1. Коновалов, Б. И.

Теория автоматического управления [Электронный ресурс] : учебное методическое пособие / Коновалов Б. И. – Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010. – 162 с. – Б. ц. Книга находится в базовой версии ЭБС

IPRbooks. <http://www.iprbookshop.ru/>

### **Дополнительный**

1. Теория автоматического управления [Электронный ресурс] : Учебник. – Москва : Физматлит, 2007 - . Т. 1 : Теория автоматического управления : Учебник / Д. П. Ким. – 2007. – 312 с. – ISBN 978-5-9221-0857-7 : Б. ц. Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12967.html>

2. Теория автоматического управления [Электронный ресурс] : Учебник. – Москва : Физматлит, 2007 - .

Т. 2 : Теория автоматического управления : Учебник / Д. П. Ким. – 2007. – 440 с. – ISBN 978-5-9221-0858-4 : Б. ц.

Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.- Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12968.html>

## **8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ**

### **ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Электронная информационно-образовательная среда АНО ВО «СЗТУ» (ЭИОС СЗТУ) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://edu.nwotu.ru/>
2. Учебно-информационный центр АНО ВО «СЗТУ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lib.nwotu.ru:8087/jirbis2/>
3. Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>
4. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/>
5. Информационная системы доступа к электронным каталогам библиотек сферы образования и науки (ИС ЭКБСОН)[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vlibrary.ru/>

## **9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

При изучении учебной дисциплины студенту необходимо руководствоваться следующими методическими указаниями.

9.1. При изучении тем из модулей повторить лекционный учебный материал, изучить рекомендованную литературу, а также учебный материал, находящийся в указанных информационных ресурсах.

На завершающем этапе изучения тем необходимо, воспользовавшись предложенными вопросами для самоконтроля, размещенных в электронной информационной образовательной среде (ЭИОС), проверить качество усвоения учебного материала.

В случае затруднения в ответах на поставленные вопросы рекомендуется повторить учебный материал.

9.2. После изучения модуля дисциплины необходимо пройти контрольный тест по данному модулю с целью оценивания знаний и получения баллов.

9.3. После изучения модулей приступить к выполнению контрольной работы, руководствуясь методическими рекомендациями

9.4. В завершении изучения учебной дисциплины в семестре студент обязан пройти промежуточную аттестацию. Вид промежуточной аттестации 14 определяется рабочим учебным планом. Форма проведения промежуточной аттестации – компьютерное тестирование с использованием автоматизированной системы тестирования знаний студентов в ЭИОС.

9.5. К промежуточной аттестации допускаются студенты, выполнившие требования рабочего учебного плана и набравшие достаточное количество баллов за учебную работу в соответствии с балльно-рейтинговой системой.

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

0. Internet – технологии:

WWW (англ. World Wide Web – Всемирная Паутина) – технология работы в сети с гипертекстами;

FTP (англ. File Transfer Protocol – протокол передачи файлов) – технология передачи по сети файлов произвольного формата;

IRC (англ. Internet Relay Chat – поочередный разговор в сети, чат) – технология ведения переговоров в реальном масштабе времени, дающая возможность разговаривать с другими людьми по сети в режиме прямого диалога;

ICQ (англ. I seek you – я ищу тебя, можно записать тремя указанными буквами) – технология ведения переговоров один на один в синхронном режиме.

2. Дистанционное обучение с использованием ЭИОС на платформе Moodle.

3. Технология мультимедиа в режиме диалога.

4. Технология неконтактного информационного взаимодействия (виртуальные кабинеты, лаборатории).

5. Гипертекстовая технология (электронные учебники, справочники, словари, энциклопедии) и т.д.

## **11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Мультимедийные аудитории.

2. Библиотека.

3. Справочно-правовая система Консультант Плюс.

4. Электронная информационно-образовательная среда университета.

5. Локальная сеть с выходом в Интернет.

## **12. БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ**

Участие в online занятиях, прослушивание видео лекций	0-5
Тест по модулю 1	0-5
Тест по модулю 2	0-5
Тест по модулю 3	0-5
Тест по модулю 4	0-5
Практическая работа	15

Контрольная работа	<b>30</b>
<b>Итого за учебную работу</b>	<b>70</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>30</b>
<b>Всего</b>	<b>0 - 100</b>

<b>БОНУСЫ (баллы, которые могут быть добавлены до 100)</b>	<b>Баллы</b>
- за активность	0 -10
- за участие в олимпиаде	0 - 50
- за участие в НИРС	0-50
- за оформление заявок на полезные методы (рац. предложения)	0-50



### Балльная шкала оценки

<b>Оценка (экзамен)</b>	<b>Баллы</b>
отлично	86 – 100
хорошо	69 – 85
удовлетворительно	51 – 68
неудовлетворительно	менее 51

### Оценка по контрольной работе

<b>Оценка</b>	<b>Количество баллов</b>
отлично	27-30
хорошо	23-26
удовлетворительно	18-22
неудовлетворительно	менее 18

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 1. Перечень формируемых компетенций

#### *Профессиональные (ПК)*

<i>Код компетенции</i>	<i>Наименование и (или) описание компетенции</i>
<b>ПК-4</b>	способностью проводить обоснование проектных решений
<b>ПК-7</b>	Готовностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике.
<b>ПК-12</b>	Готовностью к участию в испытаниях вводимого в эксплуатацию электроэнергетического и электротехнического оборудования
<b>ПК-14</b>	способностью применять методы и технические средства эксплуатационных испытаний и диагностики электроэнергетического и электротехнического оборудования
<b>ПК-15</b>	способностью оценивать техническое состояние и остаточный ресурс оборудования

### 2. Паспорт фонда оценочных средств

№ п/п	Контролируемые модули (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
<b>1</b>	Модуль 1. Принципы построения и математические модели непрерывных САУ	ПК-4,7,12,14,15	Контрольный тест 1 Практические занятия
<b>2</b>	Модуль 2. Анализ процессов в САУ	ПК-24,7,12,14,15	Контрольный тест 2 Практические занятия
<b>3</b>	Модуль 3. Дискретные САУ	ПК-24,7,12,14,15	Контрольный тест 3 Практические занятия
<b>4</b>	Модуль 4. Оптимальные и адаптивные САУ	ПК-4,7,12,14,15	Контрольный тест 4
<b>5</b>	Модули 1-4	ПК-4,7,12,14,15	Контрольная работа Практическая работа Итоговый контрольный тест

### 3. Показатели и критерии оценивания компетенций по этапам формирования, описание шкал оценивания

Этапы освоения компетенции	Показатели достижения заданного уровня освоения компетенций	Критерии оценивания результатов обучения				
		1	2	3	4	5
Первый этап	<b>Знать</b> ПК-4,7,12,14,15 физические явления в САУ; методики расчётов и способы моделирования САУ	Не знает	Имеет понятие о физических явлениях в САУ, но не знает основных методик их расчётов.	Знает основные понятия физических явлений в САУ, но не знает способы и порядок их моделирования.	Знает основные понятия физических явлений в САУ, и основы теории, но не может применить знания при их моделировании.	Знает основные понятия физических явлений в САУ, и основы теории. Умеет применять методики их расчётов и моделирование.
Второй этап	<b>Уметь</b> ПК-4,7,12,14,15, применять методики расчётов элементов САУ, обрабатывать результаты моделирования	Не умеет	Ошибается в выборе методов испытаний расчётов САУ.	Правильно определяет задачи расчётов САУ, но не умеет применять основные методики расчётов.	Умеет применять методики расчётов САУ, оформлять отчеты, но не умеет обрабатывать результаты	Умеет применять методики расчётов САУ, оформлять отчеты и обрабатывать результаты..
Третий этап	<b>Владеть</b> ПК-4,7,12,14,15 владеет методами расчётов и моделирования параметров САУ, способностью оформления отчетов и обработкой результатов	Не владеет	Имеет понятие о методах расчётов и моделирования параметров САУ, но не владеет способностью обработки результатов и оформлением отчетов.	Владеет методами расчётов и моделирования параметров САУ, но не владеет порядком оформления результатов.	Владеет методами расчётов и моделирования параметров САУ, и навыками составления отчетной документации, но ошибается в обработке их результатов.	Владеет методами расчётов и моделирования параметров САУ, и грамотно составляет отчетную документацию и обрабатывает их результаты.

### 4. Шкалы оценивания

Участие в online занятиях, прослушивание видео лекций	0-5
Тест по модулю 1	0-5
Тест по модулю 2	0-5
Тест по модулю 3	0-5
Тест по модулю 4	0-5
Практическая работа	0-15
Контрольная работа	<b>30</b>
<b>Итого за учебную работу</b>	<b>70</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>30</b>
<b>Всего</b>	<b>0 - 100</b>

### Балльная шкала оценки

Оценка (экзамен)	Баллы
отлично	86 – 100
хорошо	69 – 85
удовлетворительно	51 – 68
неудовлетворительно	менее 51

## 5. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций при изучении учебной дисциплины в процессе освоения образовательной программы

### 5.1. Типовой вариант задания на контрольную работу

Сделать вывод об устойчивости системы автоматического управления, выполнив соответствующие расчеты по следующим критериям:

- 1) алгебраического критерия устойчивости Гурвица;
- 2) критерия устойчивости Михайлова;
- 3) критерия устойчивости Найквиста;
- 4) по логарифмическим амплитудной и фазовой характеристикам разомкнутой системы.

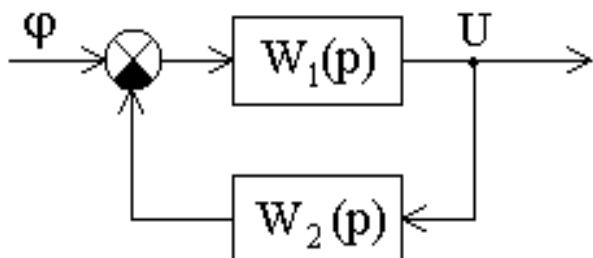


Рис.1. Структурная схема САУ

Структурная схема САУ представлена на рис.1, где обозначено:  
 $W_1(p)$  — передаточная функция измерителя угла

$$W_1(p) = \frac{K_1}{1 + pT_1}$$

где  $K_1$  - коэффициент передачи;  $T_1$  - постоянная времени фильтра фазового детектора;  
 $W_2(p)$  - передаточная функция исполнительного устройства

$$W_2(p) = \frac{K_2(1 + pT_2)}{p(1 + pT_3)}$$

где  $K_2$  - коэффициент передачи;  $T_2$  и  $T_3$  - постоянные времени дифференцирующей цепи и инерционной части исполнительного устройства соответственно;  
 $\varphi$ - угловое положение отслеживаемого объекта;  
 $U$ —напряжение на выходе измерителя угла.

Числовые значения исходных данных:

- коэффициенты передачи  $K_1 = (5 + b) 4$ , В/град;  $K_2 = 5$ , град/В  $\times$  с;
- постоянные времени фильтра фазового детектора  $T_1 = (20 + a) 10^{-3}$ , с;
- дифференцирующей цепи  $T_2 = (10 + b) 3 \times 10^{-2}$ , с и инерционной части исполнительного устройства  $T_3 = (15 + a) \times 10^{-1}$ ,
- $a$ -последняя цифра шифра;
- $b$ -предпоследняя цифра шифра.

**\*) Примечание.** В помощь студенту видеофильм: «www.youtube.com» -поиск-«Анализ устойчивости систем РА». В видеофильме произведен подробный типовой расчёт устойчивости данной САУ по четырем критериям.

## 5.2.Типовой вариант задания на практическую работу

Практическое занятие 1.

АФЧХ, ЛАХ, переходные и весовые характеристики типовых динамических звеньев.

Практическое занятие 2

Устойчивость линейных непрерывных систем управления

## 5.3. Типовой тест промежуточной аттестации

### 1. Система “ устойчива в большом”, если ...

- a. Она устойчива при больших начальных отклонениях
- b. Она устойчива при гармоническом управляющем воздействии
- c. Она устойчива при произвольном управляющем воздействии
- d. Она устойчива при единичном ступенчатом воздействии

### 2.Какой из частотных показателей характеризует быстродействие системы?

- a. Любой из перечисленных
- b. Полоса пропускания
- c. Первая частота сопряжения ЛАЧХ
- d. Частота среза

### 3.К чему приводит увеличение постоянной интегрирования ПИ – регулятора?

- a. К снижению времени переходного процесса и снижению перерегулирования
- b. К увеличению времени переходного процесса и увеличению перерегулирования
- c. К снижению времени переходного процесс и увеличению перерегулирования
- d. К увеличению времени переходного процесса и снижению перерегулирования

### 4.Перечислите основные виды автоматического управления

- a. стабилизация возмущения, управление по возмущению, следящие системы, оптимальные системы, адаптивные системы
- b. стабилизация ошибки управления, оперативное управление, следящие системы, оптимальные системы, адаптивные системы.
- c. любые из перечисленных.

d. стабилизация, программное управление, следящие системы, оптимальные системы, адаптивные системы

**5.Какую форму амплитудной частотной характеристики имеет идеальный фильтр низкой частоты?**

- a. Близкую по форме к прямоугольной
- b. Близкую по форме к треугольной
- c. Любую из перечисленных
- d. Близкую по форме к трапецеидальной

**6.Какие существуют интегральные критерии оценки качества систем**

- a. Средневзвешанный, пропорциональный
- b. дифференциально-интегральный и пропорциональный
- c. Линейный, квадратичный, модульный интегральный
- d. Дифференциальный и дифференциально-интегральный

**7.Какие значения перерегулирования в процентах обеспечивает критерий оптимума по модулю (ОМ)?**

- a. 10%
- b. 4,3%
- c. 20%
- d. 43%

**8.Переходная функция  $h(t)$  – это переходный процесс**

- a. При единичном ступенчатом воздействии
- b. При ступенчатом воздействии любой величины
- c. При линейно-возрастающем воздействии
- d. При гармоническом воздействии

**9.Какой характер имеют корни характеристического уравнения колебательного звена?**

- a. Любые из перечисленных
- b. Комплексные сопряженные
- c. Вещественные и разные
- d. Вещественные и равные

**10.Устройства, составляющие систему автоматического управления - это**

- a. Чувствительные устройства, исполнительное устройство, объект управления
- b. Чувствительные устройства, вычислительное устройство, исполнительное устройство, объект управления

- c. Чувствительные устройства, вычислительное устройство, исполнительное устройство
- d. любые из перечисленных.

**6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

- 6.1.Итоговый контрольный тест доступен студенту только во время тестирования, согласно расписания занятий или в установленное деканатом время.
- 6.2.Студент информируется о результатах текущей успеваемости.
- 6.3.Студент получает информацию о текущей успеваемости, начислении бонусных баллов и допуске к процедуре итогового тестирования от преподавателя или в ЭИОС.
- 6.4.Производится идентификация личности студента.
- 6.5.Студентам, допущенным к промежуточной аттестации, открывается итоговый контрольный тест.
- 6.6.Тест закрывается студентом лично по завершении тестирования или автоматически по истечении времени тестирования.