Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Артеменков Михаил Николаевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 09.11.2026 18:40:57
Уникальный программный ключ:
a63b74166e8f4fc17bd1e0462725f79e393bfdf9

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Смоленский государственный университет»

Кафедра радиотехники

«Утверждаю»
Проректор по учебно-методической
деятельности
_____Ю.А. Устименко
«25» декабря 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

Б1.О.07 Теория управления и радиоавтоматика

Направление подготовки**01.04.02 Прикладная математика и информатика**
Направленность (профиль) **Математическое и программное обеспечение цифровых радиотехнических систем и комплексов**

Форма обучения:очная
Курс – 1
Семестр –1
Всего зачетных единиц – 3; часов – 108
Форма отчетности: зачет –1 семестр.

Программу разработал: кандидат технических наук Э.Л. Нивеницын

Одобрена на заседании кафедры
«02» сентября 2025 г., протокол № 1

Заведующий кафедрой _____ Зайцев А.В.

Смоленск
2025

1.Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Теория управления и радиоавтоматикавключена в обязательную часть образовательной программы по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика (направленность (профиль) – Математическое и программное обеспечение цифровых радиотехнических систем и комплексов).

Для освоения дисциплины «Теория управления и радиоавтоматика» студент должен обладать базовыми знаниями, умениями и навыками, полученными в результате изучения специальных дисциплин курса бакалавриата по радиотехнике, а также дисциплин «Математическое моделирование радиотехнических систем» и «САПР в электронике».

В результате изучения дисциплины «Теория управления и радиоавтоматика» студенты приобретают знания, умения и навыки, необходимые для успешного освоения профильных дисциплин, таких как «Основы автоматизации проектирования антенных систем», «Сложные сигналы в радиолокации и радионавигации».

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индикаторы достижения
ОПК-4. Способен комбинировать и адаптировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности	**Знать:** основные типы задач профессиональной деятельности и методы их решения с учетом требования информационной безопасности и с применением современных информационно-коммуникационных технологий; **Уметь**: корректно использовать современные информационные технологии и программные средства для решений задач в профессиональной деятельности, комбинировать их и адаптировать под конкретные прикладные задачи; **Владеть**: навыками решения прикладных задач с применением современных программных средств.
ПК-1. Способен к проведению научных исследований, включая постановку задачи исследования, моделирование объектов и процессов в целях оптимизации их параметров, проведение экспериментальных исследований и подготовку отчетов и публикаций	**Знает**: принципы подготовки и проведения научных исследований, математические и информационные модели, методы моделирования сигналов, процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия радиотехнических систем и комплексов, методы разработки эффективных алгоритмов решения научно-исследовательских задач, способы организации и проведения экспериментальных исследований. **Умеет**: планировать порядок проведения научных исследований, формулировать и решать задачи, использовать математический аппарат и численные методы для анализа, синтеза и моделирования радиотехнических систем и комплексов, применять алгоритмы решения исследовательских задач с использованием современных языков программирования, самостоятельно проводить экспериментальные исследования. **Владеет**: навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследования, математическим аппаратом для решения задач теоретической и прикладной радиотехники, методами исследования и моделирования объектов радиотехники, навыками разработки стратегии и методологии исследования радиотехнических систем и комплексов, навыками проведения исследования с применением современных средств и методов.

3. Содержание дисциплины

Математическое описание непрерывных систем управления.

Общие понятия теории управления. Основные характеристики типовых элементов радиоавтоматики. Функционально необходимые элементы типовой системы радиоавтоматики. Понятия отрицательной обратной связи.

Математическое описание систем управления. Передаточная функция. Структурная схема математической модели. Временные и частотные характеристики систем радиоавтоматики. Виды типовых звеньев и их характеристики.

Типовые динамические звенья. Виды типовых динамических звеньев и их характеристики.

*Составление и преобразование структурных схем систем радиоавтоматики.*Понятие структурной схемы математической модели автоматической системы. Виды соединений и правила структурных преобразований. Передаточная функция разомкнутой, замкнутой системы.

Составление цифровых моделей типовых динамических звеньев. Метод Эйлера для решения дифференциальных уравнений первого порядка. Форма Коши. Точность цифровой модели. Определение шага дискретизации цифровой модели.

Анализ устойчивости систем радиоавтоматики.

Определение и критерии устойчивости. Понятие устойчивости. Алгебраический критерий устойчивости Рауса-Гурвица. Частотный критерий Найквиста.

Расчет устойчивости радиотехнической системы. Анализ влияния параметров на устойчивость. Способы повышения устойчивости радиотехнических систем. Последовательные корректирующие цепочки. Запас устойчивости по фазе и амплитуде.

Анализ качества и точности систем радиоавтоматики.

Качество и точность процессов управления. Переходной процесс. Динамическая ошибка. Время регулирования. Перерегулирование. Колебательность. Коэффициенты ошибок. Передаточная функция по ошибке.

Нелинейные и дискретные системы радиоавтоматики.

Расчет точности при случайном воздействии. Прохождение случайного сигнала через линейную систему. Влияние случайного характера задающего воздействия на точность радиотехнической системы.

Влияние нелинейностей на работу систем радиоавтоматики. Понятие нелинейной системы. Линеаризация. Влияние нелинейного элемента на точность и качество радиотехнической системы.

Анализ дискретных систем радиоавтоматики. Условие квазинепрерывности непрерывности. Импульсные системы. Цифровые системы. Квантование, дискретизация.

Автоматические радиотехнические системы

*Система автоматической подстройки частоты.*Частотный дискриминатор. Статическая характеристика. Причины ухода частоты. Обратная связь по частоте.

Автоматическая система измерения дальности. Временной дискриминатор. Экстраполятор. Временной модулятор.

Автоматическая система сопровождения по угловым координатам. Угловой дискриминатор. Сельсин-трансформатор. Сельсинный измеритель.

4. Тематический план

№ п/п	Разделы и темы	Всего часов	Формы занятий		
			Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
1.	**Введение**	**6**	**2**	**–**	**4**
2.	**Математическое описание непрерывных систем управления**	**35**	**4**	**6**	**25**
2.1	Общие понятия теории управления	7	2	–	5

2.2	Математическое описание систем управления	7	2	–	5
2.3	Типовые динамические звенья	7	–	2	5
2.4	Составление и преобразование структурных схем систем радиоавтоматики	7	–	2	5
2.5.	Составление цифровых моделей типовых динамических звеньев	7	–	2	5
3.	**Анализ устойчивости систем радиоавтоматики**	**14**	**2**	**2**	**10**
3.1	Определение и критерии устойчивости	7	2	–	5
3.2	Расчет устойчивости радиотехнической системы. Анализ влияния параметров системы на ее устойчивость	7	–	2	5
4.	**Анализ качества и точности систем радиоавтоматики**	**14**	**2**	**2**	**10**
4.1	Качество и точность процессов управления	7	2	–	5
4.2	Расчет динамической ошибки и показателей качества	7	–	2	5
5.	**Нелинейные и дискретные системы радиоавтоматики**	**21**	**–**	**6**	**15**
5.1	Расчет точности при случайном воздействии	7	–	2	5
5.2	Влияние нелинейностей на работу систем радиоавтоматики	7	–	2	5
5.3	Анализ дискретных систем радиоавтоматики	7	–	2	5
6.	**Автоматические радиотехнические системы**	**18**	**6**	–	**12**
6.1	Система автоматической подстройки частоты	6	2	–	4
6.2	Автоматическая система измерения дальности	6	2	–	4
6.3	Автоматическая система сопровождения по угловым координатам	6	2	–	4
7.	**Зачет**		**–**	**–**	
	ИТОГО	**108**	**16**	**16**	**76**

5. Виды учебной деятельности

Занятия лекционного типа

Лекция № 1. *Введение.* История развития дисциплины. Место дисциплины в системе подготовки. Содержание и порядок изучения дисциплины. Классификация систем управления

Лекция № 2.*Общие понятия теории управления.* Общие принципы управления и системной организации. Функционально необходимые элементы типовой системы автоматического управления. Основные характеристики типовых элементов (измерительный элемент, усилительно-преобразующее устройство, исполнительное устройство, корректирующее устройство. Функционирование типовой системы автоматического управления.

Лекция № 3.*Математическое описание систем управления.* Дифференциальные уравнения. Передаточные функции. Типовые входные сигналы. Временные характеристики. Частотные характеристики.

Лекция № 4.*Определение и критерии устойчивости.* Необходимое и достаточное условие устойчивости. Алгебраические критерии устойчивости. Частотные критерии устойчивости.

Лекция № 5. *Качество и точность процессов управления.* Режимы работы стационарной автоматической системы. Показатели качества. Определение динамической ошибки. Пути повышения динамической точности.

Лекция № 6.*Система автоматической подстройки частоты*. Принцип работы по функциональной схеме. Структурная схема математической модели системы. Динамические особенности системы.

Лекция № 7.*Автоматическая система измерения дальности.*Принцип работы по функциональной схеме. Структурная схема математической модели системы. Динамические особенности системы.

Лекция № 8. *Автоматическая система сопровождения по угловым координатам.* Принцип работы по функциональной схеме. Структурная схема математической модели системы. Динамические особенности системы.

Занятия семинарского типа (практические занятия)

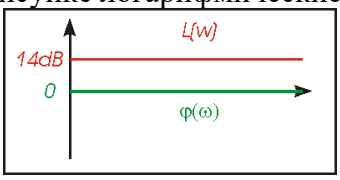
Практическое занятие №1. *Типовые динамические звенья*

Вопросы для подготовки к занятию

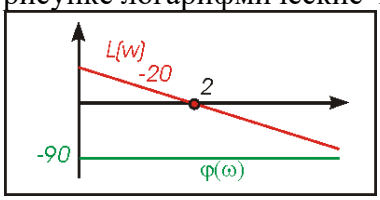
1. Вывод передаточной функции RLC – цепочки.
2. Временные характеристики типовых динамических звеньев.
3. Определение частотных характеристик типовых динамических звеньев.
4. Логарифмические частотные и фазовые характеристики типовых динамических звеньев.

Задачи для самостоятельного решения

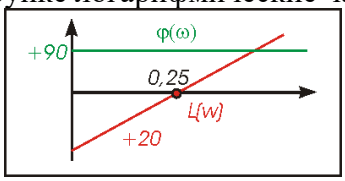
Задача 1.Запишите передаточную функцию типового динамического звена, которому принадлежат представленные на рисунке логарифмические частотные характеристики:



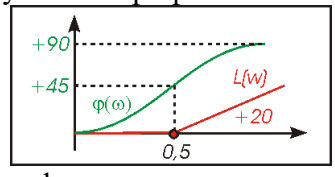
Задача2.Запишите передаточную функцию типового динамического звена, которому принадлежат представленные на рисунке логарифмические частотные характеристики:



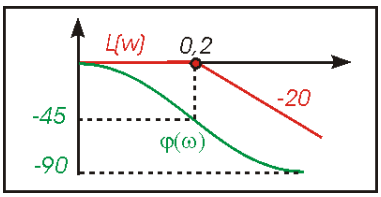
Задача 3. Запишите передаточную функцию типового динамического звена, которому принадлежат представленные на рисунке логарифмические частотные характеристики:



Задача 4. Запишите передаточную функцию типового динамического звена, которому принадлежат представленные на рисунке логарифмические частотные характеристики:

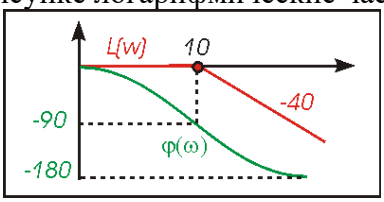


Задача 5. Запишите передаточную функцию типового динамического звена, которому принадлежат представленные на рисунке логарифмические частотные характеристики:

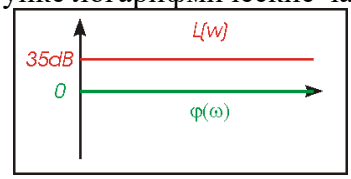


Задачи для решения на занятии

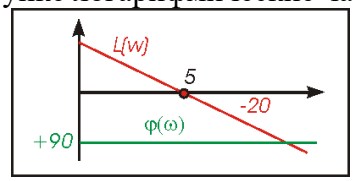
Задача 1. Запишите передаточную функцию типового динамического звена, которому принадлежат представленные на рисунке логарифмические частотные характеристики:



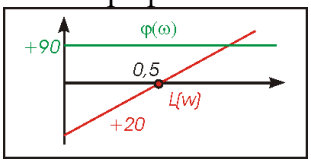
Задача 2.Запишите передаточную функцию типового динамического звена, которому принадлежат представленные на рисунке логарифмические частотные характеристики:



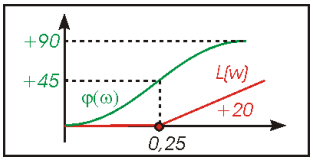
Задача 3.Запишите передаточную функцию типового динамического звена, которому принадлежат представленные на рисунке логарифмические частотные характеристики:



Задача 4.Запишите передаточную функцию типового динамического звена, которому принадлежат представленные на рисунке логарифмические частотные характеристики:



Задача 5.Запишите передаточную функцию типового динамического звена, которому принадлежат представленные на рисунке логарифмические частотные характеристики:



Практическое занятие №2. *Составление и преобразование структурных схем систем радиоавтоматики*

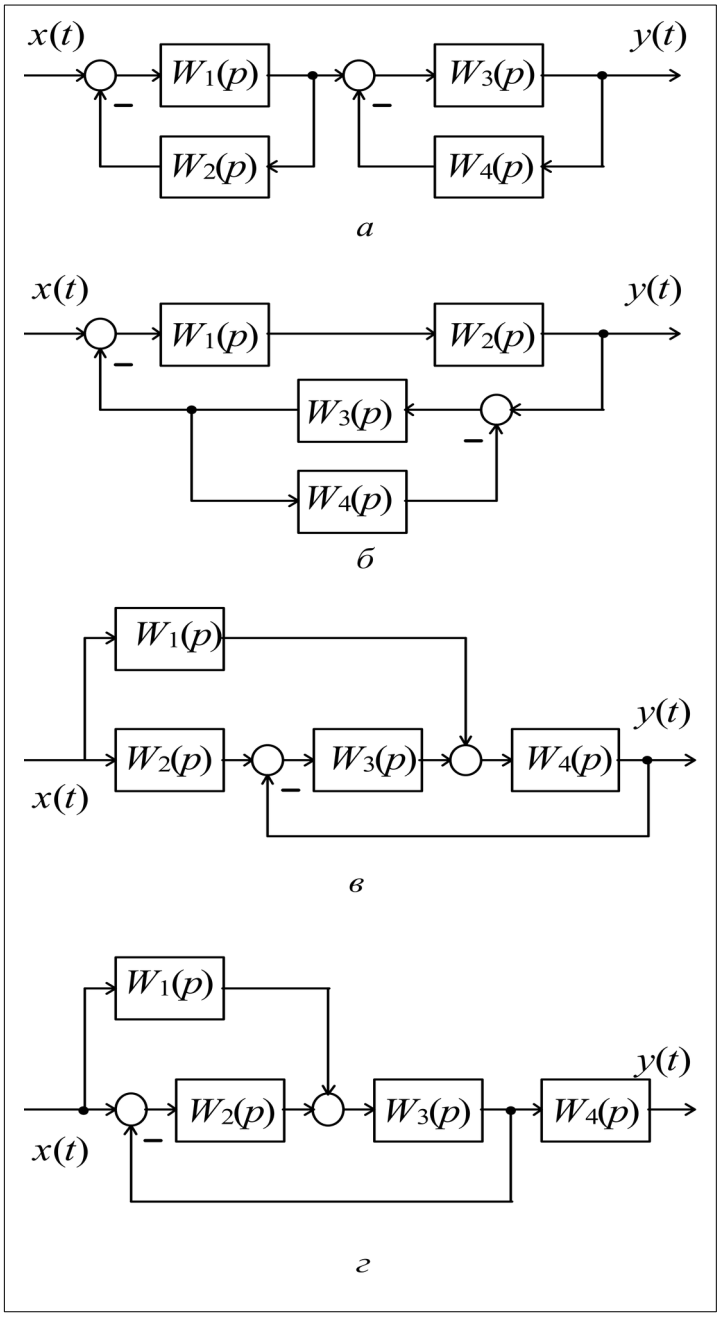
Вопросы для подготовки к занятию и

1. Правило структурных преобразований.
2. Получение передаточной функции разомкнутой системы.
3. Получение передаточной функции замкнутой системы.
4. Получение передаточной функции по ошибке.

Задачи для решения на занятии

Получить эквивалентную передаточную функцию, используя исходные данные приведенные ниже:

Номер варианта	$W_1(p)$	$W_2(p)$	$W_3(p)$	$W_4(p)$
1	1/p	2	p	3
2	p	p	1/p2	2
3	1	p	p2	2
4	1	2	p	2



Практическое занятие №3.*Составление цифровых моделей типовых динамических звеньев*

Вопросы для подготовки к занятию

1. Метод Эйлера для решения дифференциальных уравнений в форме Коши.
2. Составление цифровых моделей типовых динамических звеньев.
3. Составление цифровых моделей систем радиоавтоматики.

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. Составить цифровую модель по дифференциальному уравнению, приведенному ниже:

$$2y = 0{,}5\frac{dx}{dt} + 2x$$

Задача 2. Составить цифровую модель по дифференциальному уравнению, приведенному ниже:

$$2\frac{dy}{dt} = 0{,}5x$$

Задача 3. Составить цифровую модель по дифференциальному уравнению, приведенному ниже:

$$2\frac{dy}{dt} + 0{,}2y = 0{,}4x$$

Задача 4. Составить цифровую модель по дифференциальному уравнению, приведенному ниже:

$$2\frac{d^2y}{dt^2} + 0{,}5\frac{dy}{dt} + 2y = 6x$$

Задача 5. Составить цифровую модель по дифференциальному уравнению, приведенному ниже:

$$2y = 0{,}5\frac{dx}{dt}$$

Задачи для решения на занятии

Задача 1. Составить цифровую модель по дифференциальному уравнению, приведенному ниже:

$$5y = 3\frac{d^2x}{dt^2} + 2\frac{dx}{dt} + 5x$$

Задача 2. Составить цифровую модель по дифференциальному уравнению, приведенному ниже:

$$6\frac{d^2y}{dt^2} + 3y = 3x$$

Задача 3. Составить цифровую модель по дифференциальному уравнению, приведенному ниже:

$$4\frac{d^2y}{dt^2} = 2\frac{d^2x}{dt^2} + 2x$$

Задача 4. Составить цифровую модель по дифференциальному уравнению, приведенному ниже:

$$0,5\frac{d^2y}{dt^2}+0,2y=0,1\frac{dx}{dt}$$

Задача 5. Составить цифровую модель по дифференциальному уравнению, приведенному ниже:

$$8\frac{d^2y}{dt^2}=2x-4y$$

Практическое занятие №4. *Расчет устойчивости радиотехнических систем. Анализ влияния параметров системы на ее устойчивость*

Вопросы для подготовки к занятию

1. Построение ЛАЧХ и ФЧХ по передаточной функции разомкнутой системы.
2. Определение частоты среза и частоты на которой ФЧХ пересекает уровень -180 градусов.
3. Определение запасов устойчивости по амплитуде и фазе.

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1.

1

По заданной передаточной функции разомкнутой САУ $W(p)$ построить ЛАЧХ и ЛФЧХ, определить устойчивость системы и запасы устойчивости ΔL и $\Delta\varphi$

$$W(p)=\frac{14(0,08p+1)}{p(p+1)(0,02p+1)}$$

Задача 2.

2

По заданной передаточной функции разомкнутой САУ $W(p)$ построить ЛАЧХ и ЛФЧХ, определить устойчивость системы и запасы устойчивости ΔL и $\Delta\varphi$

$$W(p)=\frac{2,5}{(0,5p+1)(0,01p^2+0,1p+1)}$$

Задача 3.

3

По заданной передаточной функции разомкнутой САУ $W(p)$ построить ЛАЧХ и ЛФЧХ, определить устойчивость системы и запасы устойчивости ΔL и $\Delta\varphi$

$$W(p)=\frac{10}{p(2p+1)(0,5p+1)}$$

Задача 4.

4

По заданной передаточной функции разомкнутой САУ $W(p)$ построить ЛАЧХ и ЛФЧХ, определить устойчивость системы и запасы устойчивости ΔL и $\Delta\varphi$

$$W(p)=\frac{16(0{,}8p+1)}{p(4p+1)(0{,}1p+1)}$$

Задача 5.

5

По заданной передаточной функции разомкнутой САУ $W(p)$ построить ЛАЧХ и ЛФЧХ, определить устойчивость системы и запасы устойчивости ΔL и $\Delta\varphi$

$$W(p)=\frac{12{,}5(p+1)}{p^2(0{,}04p+1)}$$

Задачи для решения на занятии

Задача 1.

7

По заданной передаточной функции разомкнутой САУ $W(p)$ построить ЛАЧХ и ЛФЧХ, определить устойчивость системы и запасы устойчивости ΔL и $\Delta\varphi$

$$W(p)=\frac{80(0{,}2p+1)}{p^2(0{,}08p+1)}$$

Задача 2.

8

По заданной передаточной функции разомкнутой САУ $W(p)$ построить ЛАЧХ и ЛФЧХ, определить устойчивость системы и запасы устойчивости ΔL и $\Delta\varphi$

$$W(p)=\frac{20(p+1)}{(2p+1)(0{,}4p+1)}$$

Задача 3.

9

По заданной передаточной функции разомкнутой САУ $W(p)$ построить ЛАЧХ и ЛФЧХ, определить устойчивость системы и запасы устойчивости ΔL и $\Delta\varphi$

$$W(p)=\frac{20}{(0{,}4p+1)(0{,}01p^2+0{,}1p+1)}$$

Задача 4.

10

По заданной передаточной функции разомкнутой САУ $W(p)$ построить ЛАЧХ и ЛФЧХ, определить устойчивость системы и запасы устойчивости ΔL и $\Delta\varphi$

$$W(p) = \frac{20}{p(2p+1)(0,8p+1)}$$

Задача 5.

11

По заданной передаточной функции разомкнутой САУ $W(p)$ построить ЛАЧХ и ЛФЧХ, определить устойчивость системы и запасы устойчивости ΔL и $\Delta\varphi$

$$W(p) = \frac{14(0,08p+1)}{p(p+1)(0,02p+1)}$$

Практическое занятие №5. *Расчет динамической ошибки и показателей качества*

Вопросы для подготовки к занятию

1. Определение коэффициентов ошибок по передаточной функции разомкнутой системы.
2. Для заданного входного воздействия определение производных от входного воздействия и определение аналитического выражения описывающего динамическую ошибку.
3. Определение динамической ошибки путем цифрового моделирования системы.
4. Определение показателей качества по переходному процессу.

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1.Определить динамическую ошибку в установившемся режиме с помощью метода коэффициента ошибок

$$W(p) = \frac{25(0,1p+1)}{0,5p^2+10p+1}; \qquad x(t) = 0,5 + 0,2t$$

Задача 2. Определить динамическую ошибку в установившемся режиме с помощью метода коэффициента ошибок

$$W(p) = \frac{10(0,6p+1)}{p(0,3p+1)}; \qquad x(t) = 0,6 + 0,08t + 0,05t^2$$

Задача 3. Определить динамическую ошибку в установившемся режиме с помощью метода коэффициента ошибок

$$W(p) = \frac{4(0,25p+1)}{(0,4p+1)(0,1p+1)}; \qquad x(t) = 0,4 + 0,1t$$

Задача 4.Определить динамическую ошибку в установившемся режиме с помощью метода коэффициента ошибок

$$W(p) = \frac{5(p+1)}{p(0,5p+1)}; \qquad x(t) = 0,1 + 0,15t + 0,03t^2$$

Задача 5.Определить динамическую ошибку в установившемся режиме с помощью метода коэффициента ошибок

$$W(p) = \frac{30(0{,}8p + 1)}{p(0{,}5p^2 + 10p + 1)}; \quad x(t) = 0{,}2 + 0{,}3t + 0{,}01t^2$$

Задачи для решения на занятии

Задача 1. Определить динамическую ошибку в установившемся режиме с помощью метода коэффициента ошибок

$$W(p) = \frac{2(0{,}7p + 1)}{p(7p + 1)}; \quad x(t) = 0{,}5 + 0{,}7t + 0{,}9t^2$$

Задача 2. Определить динамическую ошибку в установившемся режиме с помощью метода коэффициента ошибок

$$W(p) = \frac{10(0{,}2p + 1)}{(0{,}4p + 1)(0{,}1p + 1)}; \quad x(t) = 0{,}3 + 0{,}5t$$

Задача 3. Определить динамическую ошибку в установившемся режиме с помощью метода коэффициента ошибок

$$W(p) = \frac{10}{p(0{,}4p + 1)(0{,}1p + 1)}; \quad x(t) = 10 + 10t + 0{,}8t^2$$

Задача 4. Определить динамическую ошибку в установившемся режиме с помощью метода коэффициента ошибок

$$W(p) = \frac{10(p + 1)}{p(0{,}04p^2 + 0{,}1p + 1)}; \quad x(t) = 0{,}5 + 0{,}1t + 0{,}04t^2$$

Задача 5. Определить динамическую ошибку в установившемся режиме с помощью метода коэффициента ошибок

$$W(p) = \frac{8(0{,}5p + 1)}{p(0{,}1p + 1)}; \quad x(t) = 0{,}2 + 0{,}01t + 0{,}02t^2$$

Практическое занятие №6. *Расчет точности при случайном воздействии*

Вопросы для подготовки к занятию

1. Моделирование спектральной плотности задающего воздействия и помехи.
2. Аналитическое получение флуктуационной ошибки.
3. Расчет влияния статистических воздействий на точность системы.

Задачи для самостоятельного решения

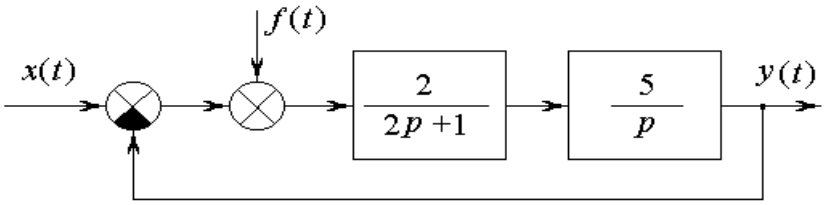
Задача 1. Линейная система первого порядка, предназначенная для измерения величины u_0, описывается уравнениями:

$$T\dot{y} + y = u_0 + f(t); \;\; y(t_0) = y_0; \;\; M[y_0] = m_0; \;\; M\left[y^{02}\right] = D_0.$$

где: u_0=Const; $f(t)$ – центрированный белый шум (помеха) интенсивности $N=2\pi S_0$=Const. Определить математическое ожидание и корреляционную функцию переменной $y(t)$.

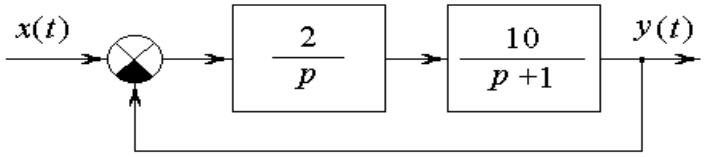
Задача 2. Спектральной плотностью входного сигнала имеет вид $S_x(\omega) = \frac{2\alpha D_x}{\alpha^2 + \omega^2}.$ Необходимо определить параметры формирующего фильтра.

Задача 3. Определить дисперсию ошибки для систем, приведенной на рисунке:



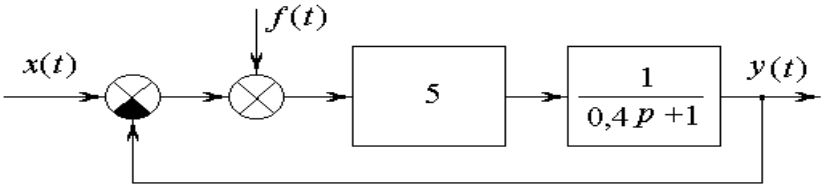
$S_f = 1{,}5 \qquad D_{ef} = ?$

Задача 4. Определить дисперсию ошибки для систем, приведенной на рисунке:



$S_x(\omega) = \frac{2}{\omega^2} \qquad D_{ex} = ?$

Задача 5. Определить дисперсию ошибки для систем, приведенной на рисунке:



$S_f = \frac{0{,}36}{\omega^2 + 9} \qquad D_{ef} = ?$

Задачи для решения на занятии

Задача 1.На следящую систему с передаточной функцией

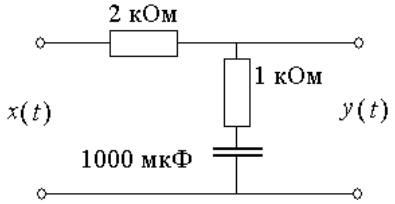
$$W(p) = \frac{K(Tp+1)}{p^2},$$

поступает задающее воздействие $x(t)$ и возмущающее воздействие $f_1(t)$, приложенное на входе. Оба они являются независимыми стационарными процессами со спектральными плотностями

$$S_x(\omega) = \frac{\alpha^2}{\omega^4}, \;\; S_{f_1}(\omega) = N_1.$$

Определить дисперсию ошибки в установившемся режиме.

Задача 2.На RC-цепь, представленную на рисунке,



действует сигнал, изображение которого по Лапласу

$$x(p) = \frac{p}{p+4}.$$

Определите спектр мощности выходного сигнала.

Задача 3. Импульсная характеристика линейной системы $g(t) = t\mathbf{e}^{-5t}$. На входе системы присутствует случайный процесс $x(t) = M$, где М – случайная величина, равномерно распределенная в интервале [-6,18].Запишите выражение для случайного процесса на выходе системы.

Задача 4. Импульсная характеристика линейной системы $g(t) = t\mathbf{e}^{-5t}$. На входе системы присутствует случайный процесс $x(t) = M$, где М – случайная величина, равномерно распределенная в интервале [-6,18].Определите математическое ожидание выходного сигнала.

Задача 5. Импульсная характеристика линейной системы $g(t) = t\mathbf{e}^{-5t}$. На входе системы присутствует случайный процесс $x(t) = M$, где М – случайная величина, равномерно распределенная в интервале [-6,18].Определите дисперсию выходного сигнала.

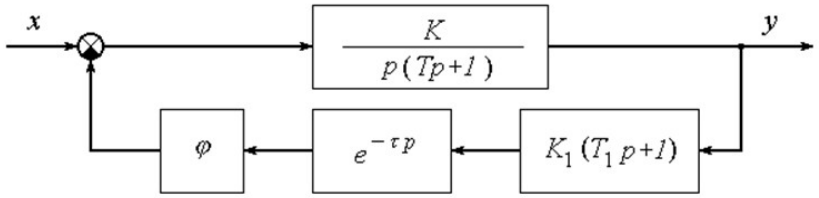
Практическое занятие №7.*Влияние нелинейностей на работу систем радиоавтоматики*

Вопросы для подготовки к занятию

1. Расчет влияния типовых нелинейных элементов на переходной процесс типовой следящей системы.
2. Определение влияния типовых нелинейных элементов на точность типовой следящей системы.

Задачи для самостоятельного решения:

Задача 1. Определить амплитуду автоколебаний нелинейной системы, представленную на схеме



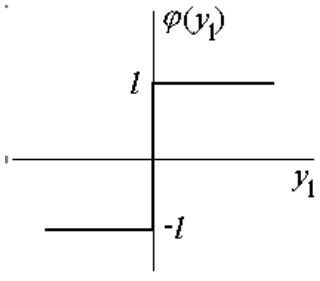
$k = 51\ \text{с}^{-1}$; $T = 0{,}1\ c$; $k_1 = 2$; $T_1 = 0$; $\tau = 0{,}035\ c$.

В качестве нелинейного элемента используется идеальная релейная характеристика.

Задача 2.Провести непосредственную линеаризацию нелинейности типа $y=ay_1^3$ при$y_1(t)=m_{y1}(t)+y_1^0(t)$.

Задача 3. Провести непосредственную линеаризацию нелинейности типа $y(t)=b\sin y_1(t)$ при $y_1(t)=m_{y1}(t)+y_1^0(t)$.

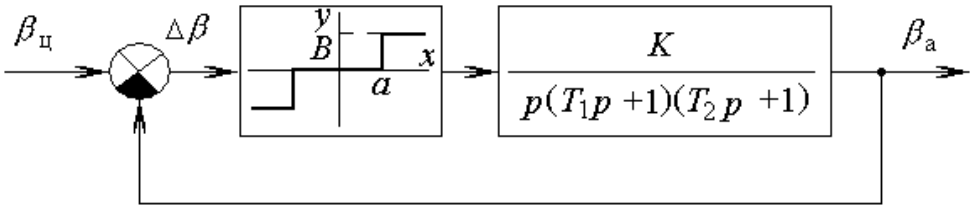
Задача 4.Определить статистические коэффициенты линеаризации φ_0 , $k_1^{(2)}$ для нелинейности



Задача 5.Дискриминационная характеристика хорошо аппроксимируется функцией $F(x) = xe^{-\alpha x^2}$. Найти коэффициенты статистической линеаризации.

Задачи для решения на занятии

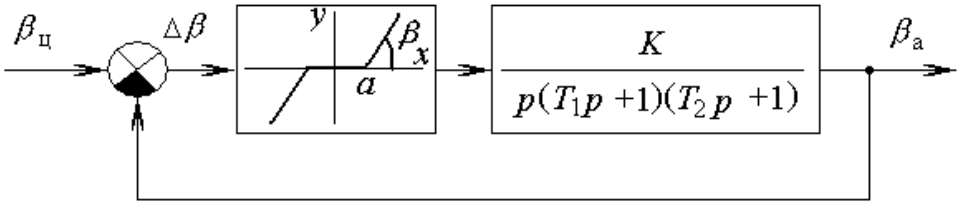
Задача 1.Для следующей системы определить: частоту автоколебаний; амплитуду автоколебаний; устойчивость автоколебаний.



а

$B = 0{,}5$ В; $a = 0{,}5^o$; $K = 7{,}68$ с$^{-1}$; $T_1 = 1{,}1$ с; $T_2 = 0{,}4$ с

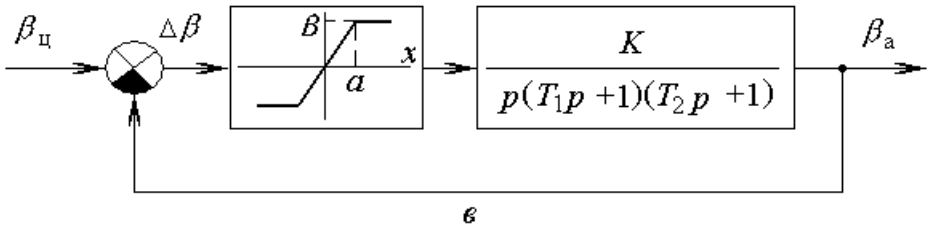
Задача 2.Для следующей системы определить: частоту автоколебаний; амплитуду автоколебаний; устойчивость автоколебаний.



б

$\beta = 24^o$; $a = 1^o$; $K = 7{,}92$ с$^{-1}$; $T_1 = 1$ с; $T_2 = 0{,}6$ с

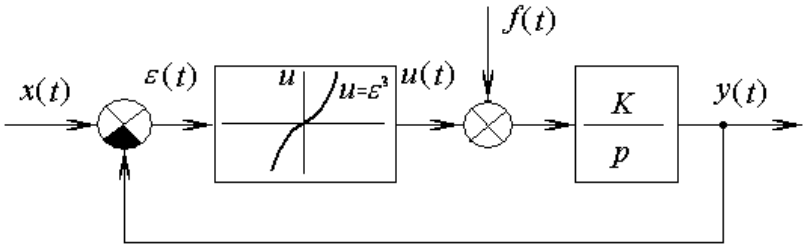
Задача 3.Для следующей системы определить: частоту автоколебаний; амплитуду автоколебаний; устойчивость автоколебаний.



в

$B = 0{,}29$ В; $a = 1^o$; $K = 27{,}6$ с$^{-1}$; $T_1 = 1{,}1$ с; $T_2 = 0{,}35$ с

Задача 4.Структурная схема следящей системы представлена рисунком



Задающее воздействие $x(t) = 10 + 0{,}1t$. Возмущение $f(t)$ белый шум со спектральной плотностью *N*.

Задача 5.Найти динамическую ошибку в установившемся режиме и дисперсию случайной ошибки от возмущения.

Практическое занятие №8. *Анализ дискретных систем радиоавтоматики*

Вопросы для подготовки к занятию

1. Расчет времени дискретизации импульсной системы.
2. Проверка условия квазинепрерывности.
3. Влияние скорости изменения задающего воздействия на поведение дискретной системы радиоавтоматики.

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. Найдите передаточную функцию реверсивного счетчика без сброса, описываемого разностным уравнением

$$u[n]=u[n-1]+x[n]$$

Задача 2. Найти частотные характеристики цифрового автодальномера, передаточная функция которого определяется выражением

$$W(z)=\frac{K}{z-1}$$

Задача 3. Определить переходной процесс в цифровой системе, передаточная функция которой имеет вид

$$W(z)=K\frac{1-e^{-\beta}}{z-e^{-\beta}}$$

Задача 4. Определить запасы устойчивости и показатели качества импульсной системы, если непрерывная часть имеет передаточную функцию

$$W(p)=\frac{60(0{,}15\,p+1)}{p^2(0{,}1\,p+1)},$$

а частота следования отраженного сигнала $f_{отр}$ = 88,Гц.

Задача 5. Определить запасы устойчивости и показатели качества импульсной системы, если непрерывная часть имеет передаточную функцию

$$W(p)=\frac{15(0{,}5\,p+1)}{(1{,}5\,p+1)(0{,}25\,p+1)},$$

а частота следования отраженного сигнала $f_{отр}$ = 113,Гц.

Задачи для решения на занятии

Задача 1. Задана дискретная функция $f[n]=a,$ где a – постоянная величина. Найти первые прямую и обратную разности.

Задача 2. Дана дискретная функция $f[n]=an+b,$ где a и b – постоянные величины. Определить первые разности этой функции.

Задача 3. Определить первые три прямые и обратные разности функции $f[n]=n^2.$

Задача 4. Определить первую и вторую разности функции $f[n]=\mathrm{e}^n.$

Задача 5. Найти решение разностного уравнения первого порядка $\Delta x[n]+a_0x[n]=0.$

Самостоятельная работа

1. Подготовка к практическим занятиям включает в себя подготовку ответов на теоретические вопросы к практическим занятиям и самостоятельное решение задач по теме занятия (приведены в планах практических занятий).

*Методические рекомендации для студентов по подготовке к практическому занятию.*Подготовка к практическим занятиям предполагает подготовку студентом ответов на теоретические вопросы и выполнение практических заданий для самостоятельной работы (решение задач по теме занятия). Перечень вопросов для подготовки к занятию и задания для самостоятельной работы приведены в планах практических занятий. Выполнение студентами

данного вида самостоятельной работы проверяется преподавателем на соответствующем практическом занятии.

1) Изучите материал, соответствующий теме практического занятия, по конспекту соответствующей лекции и одному из учебников, предложенному в списке основной литературы.

2) Найдите в тексте учебника и конспекте лекций ответы на вопросы для подготовки к занятию. Рекомендуется составить краткий конспект по каждому из вопросов.

3) Выучите основные понятия и определения, законы и формулы, соответствующие теме практического занятия.

4) Выполните практические задания, предложенные для самостоятельной работы по теме данного занятия.

Методические рекомендации студенту по самостоятельному решению задач. Перед решением задач студенту рекомендуется познакомиться с необходимыми физическими теориями и законами, используя материалы лекций, а также источники из списка основной и дополнительной литературы, ресурсы сети «Интернет».

Решение каждой задачи должно содержать следующие пункты:

1) Краткая запись условия размещается в левом верхнем углу листа и отделяется от основного решения вертикальной линией. В краткую запись включаются буквенные обозначения величин, заданных по условию задачи, и их количественные значения в единицах СИ. Также в краткую запись условия включаются величины, значения которых необходимо найти по условию задачи. Неизвестные величины отделяются отизвестных горизонтальной чертой.

2) Запись необходимых математических уравнений, отражающих физические теории и законы, используемые при решении задачи. При записи математических уравнений необходимо следить, чтобы в них входили только известные и искомые физические величины.

3) Решение составленной системы математических уравнений приводится в полном объеме, без сокращений и записей вида «путем несложных математических преобразований получим…».

4) Анализ полученного ответа проводится по нескольким направлениям. Следует проанализировать численное значение на соответствие условию задачи и логическую непротиворечивость. После анализа результата, следует записать ответ к задаче.

2. Самостоятельное изучение отдельных вопросов курса

Часть теоретических вопросов курса выносится на самостоятельное изучение студентами. При самостоятельном изучении вопроса студент должен познакомиться с содержанием соответствующей темы по одному из учебников, указанных в списке основной литературы, при необходимости могут использоваться источники из списка дополнительной литературы, а также рекомендованные ресурсы сети «Интернет». По каждому вопросу необходимо составить конспект.

Конспекты, составленные студентами, проверяются преподавателем во время лабораторных занятий, зачета и экзамена.

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельное изучение

1. Методика построения ЛАЧХ и ФЧХ.
2. Коррекция динамических свойств системы.
3. Гармоническая линеаризация.
4. Цифровые фильтры.
5. Алгоритмы обработки цифровой информации.

6. Критерии оценивания результатов освоения дисциплины

6.1. Оценочные средства и критерии оценивания для текущей аттестации

1. Решение задач на практическом занятии и для самостоятельной работы (перечень задач для решения на практическом занятии и для самостоятельной работы приведен в планах практических занятий)

Критерии оценивания решения задач

Показатель	Количество баллов
1) Приведена краткая форма условия задачи	1
2) Все величины, заданные по условию задачи, выражены в СИ	1
3) Приведен рисунок (схема электрической цепи), соответствующий условию задачи	1
4) Проведен анализ условия задачи, включающий указание основных явлений, о которых идет речь в задаче	1
5) Приведены формулировки и математические уравнения основных законов, положенных в основу решения задачи	1
6) Записана система математических уравнений, используемых при решении задачи	1
7) Приведено решение системы математических в общем виде уравнений	1
8) Проведен анализ итоговой формулы на соответствие единиц измерения	1
9) Получен правильный численный ответ на вопрос задачи	1
10) Проведен анализ полученного результата	1
Итоговая (суммарная) оценка	Max - 10

Оценка «зачтено» - 5баллов и более; оценка «не зачтено» - менее 5 баллов.

2. Подготовка конспекта по вопросам курса, выносимым на самостоятельное изучение (перечень вопросов курса, выносимых на самостоятельное изучение, приведен в разделе «Самостоятельная работа»).

Критерии оценивания конспектов по прикладным вопросам курса, выносимым на самостоятельное изучение

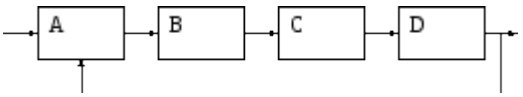
Показатель	Количество баллов
1) Соответствие представленного материала поставленному вопросу	1
2) Полнота изложения ответа (представлены все необходимые теории, понятия, факты и пр.)	1
3) Логика изложения материала (материал выстроен в логической последовательности, соблюдается схема причина – следствие, предпосылка – вывод)	1
4) Глубина изложения ответа (представлены не только основные положения теорий и законы, но и получены и обоснованы выводы из них)	1
5) Конспект сопровождается рисунками и схемами, необходимыми для пояснения теоретических положений	1
6) Приведены примеры использования описанных явлений, теорий и устройств на практике	1
7) При подготовке ответа на вопрос использованы дополнительные источники информации	1
8) Работа оформлена грамотно, не содержит опечаток и ошибок, форматирование текста соответствует общепринятым требованиям	1
9) Представлен краткий устный доклад на практическом занятии по вопросу, выносимому на самостоятельное изучение	1
10) Студент ответил на дополнительные вопросы преподавателя по конспекту	1
Итоговая (суммарная) оценка	Max - 10

Оценка «зачтено» - 5 баллов и более; оценка «не зачтено» - менее 5 баллов.

3. Тест

№ 1. Какой математический аппарат используется для описания статической модели?
Ответы:
1) Алгебраические уравнения.
2) Дифференциальные уравнения.
3) Передаточные функции.
4) Частотные характеристики.
Правильный ответ: 1

№ 2. Структурная схема системы АПЧГ имеет вид:



Выберите из перечня блоков нужные и разместите их в порядке следования.

Блоки: 1) ФНЧ, 2) УПТ, 3) ПГ, 4) См, 5) УВЧ, 6) ЧД. 7) ФД, 8) АД.
Правильный ответ: A = 4), B = 6), C = 1), D = 3).

№ 3. Каким соотношением связан коэффициент автоподстройки $K_{ап}$ с параметрами системы?
Ответы: 1) $K_{ап} = K_{чд}K_{упт}K_{пг} + 1$;
2) $K_{ап} = K_{чд}K_{упт}K_{пг} - 1$;
3) $K_{ап} = 1 / (K_{чд}K_{упт}K_{пг} + 1)$.
Правильный ответ: 1).
№ 4. Полоса захвата – это
1. начальная расстройка, при которой система ЧАПЧ входит в режим автоподстройки.
2. диапазон частот входного сигнала, внутри которого система ЧАПЧ находится в режиме автоподстройки.
3. максимальное отклонение частоты гетеродина при входе системы ЧАПЧ в режим автоподстройки.
Правильный ответ: 1)

№ 5. Коэффициент автоподстройки – это
1. отношение изменения частоты входного сигнала к изменению частоты гетеродина.
2. отношение расстройки в установившемся режиме к начальной расстройке.
3. отношение изменения частоты гетеродина к начальной расстройке.
4. отношение начальной расстройки к расстройке в установившемся режиме.
Правильный ответ: 4).

№ 6. По какому годографу определяется устойчивость замкнутой системы по критерию Найквиста?
Ответы:
1) По годографу частотной характеристики замкнутой системы.
2) По годографу частотной характеристики разомкнутой системы.
3) По годографу частотного характеристического полинома разомкнутой системы.
4) По годографу частотного характеристического полинома замкнутой системы.
Правильный ответ: 2)

№ 7. Частота среза – это
1. частота, на которой коэффициент передачи замкнутой системы равен 1.
2. частота, на которой ЛАХ разомкнутой системы пересекает ось частот.

3. частота, на которой изменяется наклон асимптотической ЛАХ.

4. частота, на которой коэффициент передачи замкнутой системы равен $0{,}1K_0$, где $K_0 = K_з(\omega = 0)$.

Правильный ответ: 2)

№ 8. Критическая частота – это

1. частота, на которой ЛФХ разомкнутой системы максимально приближается к 0.

2. частота, на которой ЛФХ разомкнутой системы пересекает значение -π радиан.

3. частота, на которой ФЧХ замкнутой системы пересекает значение -π радиан.

4. частота, на которой производная ЛФХ разомкнутой системы меняет знак с минуса на плюс.

Правильный ответ: 2)

№ 9. При каком соотношении критической частоты и частоты среза замкнутая система устойчива при устойчивой разомкнутой?

Ответы: 1. $\omega_{ср} > \omega_{кр}$.

2. $\omega_{ср} \geq \omega_{кр}$.

3. $\omega_{ср} < \omega_{кр}$.

4. $\omega_{ср} \leq \omega_{кр}$.

Правильный ответ: 3)

№ 10. Где должны располагаться корни характеристического уравнения системы, чтобы она была устойчивой?

Ответы: 1. В левой полуплоскости.

2. В правой полуплоскости.

3. В верхней полуплоскости.

4. В нижней полуплоскости.

5. На мнимой оси.

Правильный ответ: 1)

№ 11.Система является структурно неустойчивой, если

1. нельзя сделать ее устойчивой изменением коэффициента передачи разомкнутой системы.

2. нельзя сделать ее устойчивой изменением структуры системы.

3. годограф частотной характеристики разомкнутой системы проходит через точку (-1, 0).

Какой из вариантов правильный?

Правильный вариант 1).

№ 12.Какие числовые показатели используются для оценки качества систем авторегулирования по переходной характеристике?

1. Длительность фронта.

2. Время достижения первого максимума.

3. Длительность переходного процесса.

4. Время регулирования.

5. Период колебаний на вершине переходного процесса.

6. Величина выброса в переходной характеристике.

7. Перерегулирование.

Правильный ответ: 2), 4), 5), 7.

№ 13. Перерегулирование – это

1. превышение длительности переходного процесса заданного значения.
2. время, в течение которого заканчивается переходной процесс.
3. величина выброса в переходной характеристике.
4. отношение амплитуд соседних выбросов на вершине переходной характеристики.
Какой из вариантов правильный?
Правильный вариант 3).

№ 14.Показатель колебательности – это
1. максимальное значение АЧХ замкнутой системы.
2. наличие подъема в АЧХ замкнутой системы.
3. частота, на которой АЧХ замкнутой системы имеет подъем.
4. величина выброса в переходной характеристике.
Какой из вариантов правильный?
Правильный вариант 1).

№ 15. Приемлемые запасы устойчивости в САР обеспечиваются, если асимптотическая ЛАХ пересекает ось частот под наклоном
1. –10 дБ/дек. 2. –20 дБ/дек. 3. –30 дБ/дек. 4. –40 дБ/дек.
и длина участка с таким наклоном составляет
A. 1 декаду. B. 1,5 декады. C. 2 декады D. 2,5 декады.
Выберите правильные варианты ответов
Правильный ответ: 2, B.

№ 16.С каким параметром логарифмических частотных характеристик разомкнутой системы связана величина перерегулирования?
Ответы: 1. С частотой среза.
2. С критической частотой.
3. С запасом устойчивости по усилению.
4. С запасом устойчивости по фазе.
Правильный ответ: 4).

№ 17. Динамическая ошибка – это
1. ошибка при изменяющемся задающем воздействии.
2. ошибка при изменяющемся возмущающем воздействии.
3. ошибка при изменяющихся задающем и возмущающем воздействиях.
4. ошибка при полиномиальном задающем воздействии и нулевом возмущающем воздействии.
Какое из определений правильно?
Правильный ответ: 1).

№ 18. Какой передаточной функцией связана динамическая ошибка с задающим воздействием?
Ответы: 1) $K_р(p)$.
2) $1 + K_р(p)$.
3) $K_з(p)$.
4) $1 – K_з(p)$.
Правильный ответ: 4).

№ 19. Какой передаточной функцией связана ошибка по возмущению с возмущим воздействием?
Ответы: 1) $K_р(p)$.

2) $1 + K_р(p)$.
3) $K_з(p)$.
4) $1 – K_з(p)$.
Правильный ответ: 3).

№ 20. Статическая ошибка – это
1) ошибка в статической системе.
2) ошибка в установившемся режиме.
3) ошибка при постоянном воздействии.
4) производная от скоростной ошибки.
Какое из определений правильно?
Правильный ответ: 3).

№ 21. Скоростная ошибка – это
1. ошибка при линейно изменяющемся воздействии.
2. ошибка в астатической системе первого порядка.
3. ошибка в астатической системе второго порядка.
4. интеграл от ошибки по ускорению.
Какое из определений правильно?
Правильный ответ: 1).

№ 22. При какой передаточной функции разомкнутой системы замкнутая система будет астатической первого порядка?
Ответы: 1) $K / (1 + p)(1 + pT)$.
2) $Kp / (1 + p)(1 + pT)$.
3) $K / p(1 + p)(1 + pT)$.
4) $K(1 + p) / p^2(1 + pT)$.
Правильный ответ: 3).

№ 23. Чему равна статическая ошибка в статической системе?
Ответы: 1) 0.
2) x_0 / K.
3) $x_0 / (1 + K)$.
4) K / x_0.
Правильный ответ: 3).

№ 24. Чему равна скоростная ошибка в астатической системе первого порядка?
Ответы: 1) 0.
2) V_x / K.
3) $V_x / (1 + K)$.
4) K / V_x.
Правильный ответ: 2).

№ 25. Система авторегулирования имеет передаточную функцию разомкнутой системы $K_р(p) = K / p(1 + pT)$. Как изменится дисперсия ошибки по возмущению с увеличением постоянной времени T?
Ответы: 1) Увеличится.
2) Уменьшится.
3) Не изменится
Правильный ответ: 3).

№ 26.Система авторегулирования имеет передаточную функцию разомкнутой системы $K_р(p) = K / p(1 + pT)$. Как изменится дисперсия динамической ошибки с увеличением коэффициента передачи K?

Ответы: 1) Увеличится.

2) Уменьшится.

3) Не изменится

Правильный ответ: 2).

№ 27. В системах с конечным временем съема данных используется

1) АИМ – I

2) АИМ – II

и в течение импульса САР работает как

а) замкнутая система.

б) разомкнутая система.

Запишите цифру и букву правильного утверждения.

Правильный ответ: 1) – а).

№ 28. Формирующий фильтр – это

1) фильтр, формирующий непрерывный процесс из последовательности импульсов $S(t)$.

2) фильтр, формирующий последовательность импульсов $S(t)$ из последовательности δ-импульсов.

3) фильтр, формирующий непрерывный процесс из последовательности δ-импульсов.

Какое из определений правильно?

Правильный ответ: 2).

№ 29. Передаточная функция формирующего фильтра записывается как $\int S(t)e^{-pt}dt$. Что представляет собой $S(t)$?

1) $S(t)$ – входной процесс импульсного элемента.

2) $S(t)$ – выходной процесс импульсного элемента.

3) $S(t)$ – форма импульса на выходе импульсного элемента.

Правильный ответ: 3).

№ 30. Приведенная непрерывная часть – это

1) непрерывная часть, математическое описание которой приведено к относительному времени$t = t/T$.

2) совокупность всех узлов, осуществляющих аналоговую обработку.

3) объединение формирующего фильтра и непрерывной части.

4) непрерывная часть за исключением формирующего фильтра.

Какое из определений правильно?

Правильный ответ: 3).

№ 31. При каком условии шум квантования можно считать стационарным случайным процессом?

Ответы: 1. Шаг квантования мал по сравнению с квантуемым процессом.

2. Шаг квантования сравним с квантуемым процессом.

3. Шаг квантования превышает квантуемый процесс.

Правильный ответ: 1).

№ 32. Какими нужно взять A и B в формуле для дисперсии шума квантования $\sigma^2_{кв} = A/B$ из приведенных ниже значений?

1) h, 2) h^2, 3) 8, 4) 12, 5) 16.

Правильный ответ: A – 2), B – 4).

Критерии оценивания теста
10 баллов – 96% и более правильных ответов
9 баллов – 91-95% правильных ответов
8 баллов – 86 – 90% правильных ответов
7 баллов – 81-85% правильных ответов
6 баллов – 76-80% правильных ответов
5 баллов –71-75% правильных ответов
4 балла – 66-70% правильных ответов
3 балла – 61-65% правильных ответов
2 балла – 56-60% правильных ответов
1 балл – 51-55% правильных ответов
0 баллов – менее 51% правильных ответов

Зачтено – 4 балла и более
Не зачтено – менее 4 баллов

6.2. Оценочные средства и критерии оценивания для промежуточной аттестации

Форма промежуточной аттестации – **зачет**

Для определения уровня сформированности компетенций применяется процедура независимой оценки. Независимая оценка уровня сформированности компетенций осуществляется комиссией (с возможностью привлечения внешних экспертов со стороны работодателей). В состав комиссии входят 3 преподавателя: заведующий кафедрой – председатель комиссии и независимый эксперт, преподаватель, ведущий практические занятия по дисциплине «Теория управления и радиоавтоматика», преподаватель кафедры – независимый эксперт. Зачет проходит в форме просмотра портфолио.

Требования к структуре и содержанию портфолио

Портфолио студента включает в себя следующие виды деятельности и их оценки:

№ п/п	Вид деятельности	Количество заданий	Пороговая оценка	Максимальная оценка
1.	Письменные решения задач, выполненных во время практических занятий	5 задач х 8 практических занятий = 40	200	400
2.	Письменные решения задач для самостоятельной работы	5 задач х 8 практических занятий = 40	200	400
3.	Конспекты ответов на вопросы, выносимые на самостоятельное обучение	5 вопросов	25	50
4.	Пройденный тест	1 тест	4	10

Критерии и показатели оценивания портфолио по уровням

Уровень	Критерии и показатели оценивания
10 баллов	По результатам оценки портфолио набрано 93-100% от максимально возможного количества баллов, при этом по всем видам деятельности достигнуты пороговые значения
9 баллов	По результатам оценки портфолио набрано 86-92%от максимально

	возможного количества баллов, при этом по всем видам деятельности достигнуты пороговые значения
8 баллов	По результатам оценки портфолио набрано 79-85% от максимально возможного количества баллов, при этом по всем видам деятельности достигнуты пороговые значения
7 баллов	По результатам оценки портфолио набрано 71-78% от максимально возможного количества баллов, при этом по всем видам деятельности достигнуты пороговые значения
6 баллов	По результатам оценки портфолио набрано 64-70% от максимально возможного количества баллов, при этом по всем видам деятельности достигнуты пороговые значения
5 баллов	По результатам оценки портфолио набрано 57-63% от максимально возможного количества баллов, при этом по всем видам деятельности достигнуты пороговые значения
4 балла	По результатам оценки портфолио набрано 50-56% от максимально возможного количества баллов, при этом по всем видам деятельности достигнуты пороговые значения
3 балла	По результатам оценки портфолио набрано 36-49% от максимально возможного количества баллов и/или хотя бы по одному из видов деятельности не достигнуто пороговое значение
2 балла	По результатам оценки портфолио набрано 21-45% от максимально возможного количества баллов и/или хотя бы по одному из видов деятельности не достигнуто пороговое значение
1 балл	По результатам оценки портфолио набрано менее 21% от максимально возможного количества баллов и/или хотя бы по одному из видов деятельности не достигнуто пороговое значение

Таблица перевода оценок из 10-ти бальной системы в бинарную систему

Оценка по 10-ти бальной системе	Оценка по бинарной системе
10, 9, 8, 7,6,5,4	зачтено
3, 2, 1	не зачтено

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

7.1. Основная литература

1. Серебряков А. С., СеменовД.А., Чернов Е.А. Автоматика: учебник и практикум для вузов; под общей редакцией А. С. Серебрякова. – М.: Издательство Юрайт, 2025. – 515 с. – URL: https://urait.ru/bcode/560584.

2. Новожилов О. П. Электротехника и электроника: учебник для вузов – М.: Издательство Юрайт, 2025. – 653 с. – URL: https://urait.ru/bcode/559884.

3. Сажнев А. М. Цифровые устройства и микропроцессоры: учебник для вузов – М.: Издательство Юрайт, 2025. – 148 с. – URL: https://urait.ru/bcode/562949.

4. Шишмарёв В. Ю. Автоматика: учебник для вузов – М.: Издательство Юрайт, 2025. – 280 с. – URL: https://urait.ru/bcode/563767.

5. Сафиуллин Р. К. Основы автоматики и автоматизация процессов: учебник для вузов – М.: Издательство Юрайт, 2025. – 146 с. – URL: https://urait.ru/bcode/563487.

6. Основы электротехники, микроэлектроники и управления: учебник для вузов / Ю. А. Комиссаров, Л. С. Гордеев, Д. П. Вент, Г. И. Бабокин. – М.: Издательство Юрайт, 2025. – 601 с. – URL: https://urait.ru/bcode/565858.

7.2 Дополнительная литература

1. Босс В. Лекции по теории управления: Том 1. Автоматическое регулирование – М.: Издательство URSS, 2022. – 216 с.

2. Босс В. Лекции по теории управления: Том 2. Оптимальное управление – М.: Издательство URSS, 2024. – 200 с.
3. Гришаев Ю.Н. Радиоавтоматика: учебное пособие – М.: Издательство Курс, 2023. – 168 с.
4. Арсеньев Г.Н. Замуруев С.Н. Радиоавтоматика: учебник – 2-е изд. – М.: Издательство Форум, 2026. – 592 с.
5. Ким Д.П. Теория автоматического управления: учебник и практикум – М.: Издательство ЮРАЙТ, 2025. – 310 с.
6. Кудинов Ю.И. Теория автоматического управления с использованием MATLAB–SIMULINK: учебное пособие для вузов– М.: Издательство Лань, 2021. – 312 с.
7. Петрова А.М. Автоматическое управление – М.: Издательство Форум, 2025. – 240 с.

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Каталог ГОСТ: радиотехнические материалы: https://internet-law.ru/gosts/2814/.
2. Справочник по радиокомпонентам отечественного производства: https://radio-komplekt.ru/handbook.php.
3. Технический справочник радиодеталей: https://radiosvod.ru/.
4. Справочник по микроконтроллерам: https://www.radioman-portal.ru/sprav/microcontrollers/.
5. Информационно-поисковый портал по электронике: http://radionet.com.ru/.
6. Реестр Федерального института промышленной собственности: https://www1.fips.ru/registers-web/.
7. Сервер CHIPINFO: база данных по электронным компонентам: http://www.chipinfo.ru/.
8. QRZ.RU: технический портал – Сайт для радиолюбителей: https://www.qrz.ru/beginners/.
9. Журнал сетевых решений LAN: https://www.osp.ru/lan
10. Электротехнический портал для студентов вузов и инженеров: http://xn----8sbnaarbiedfksmiphlmncm1d9b0i.xn--p1ai/.

8. Материально-техническое обеспечение

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная стандартной учебной мебелью, мультимедиапроектором, ноутбуком, колонками и интерактивной доской.

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа (практических занятий), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная стандартной учебной мебелью.

Помещение для самостоятельной работы – компьютерный класс с доступом к сети «Интернет» и ЭИОС СмолГУ.

9. Программное обеспечение

MicrosoftOpenLicense (Windows 8, 10, Server, Office 2003-2016), лицензия 66975477 от 03.06.2016 (бессрочно).

Обучающимся обеспечен доступ к ЭБС «Юрайт», а также доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.