

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

«Утверждаю»
Проректор по УМР
О.М. Вальц
«07» сентября 2017 г.



Рабочая программа дисциплины
**«Качество и надежность в транспортных
системах»**

Направление подготовки: **27.03.03 - «Системный анализ и
управление»**

Профиль подготовки: **Теория и математические методы
системного анализа»**

Квалификация (степень): **бакалавр**

Форма обучения: **заочная**

Санкт-Петербург, 2017

Рабочая программа учебной дисциплины «Качество и надежность в транспортных системах» разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 27.03.03 «Системный анализ и управление».

Основным документом для разработки рабочей программы является рабочий учебный план направления 27.03.03 «Системный анализ и управление» и профиля подготовки «Теория и математические методы системного анализа».

«Качество и надежность в транспортных системах» является дисциплиной, в которой изучаются принципы и законы функционирования технических систем и разрабатываются математические методы исследования и проектирования автоматических систем. Дисциплина включает в себя разделы, посвященные изучению математического описания и характеристик автоматических систем, методов анализа и синтеза систем различных классов: линейных и нелинейных, непрерывных и дискретных.

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

Разработчик: И.О. Рахманова, кандидат технических наук, доцент.

Рецензент(ы):

Золотов Олег Иванович, кандидат технических наук, профессор Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича (СПбГУТ)

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «Информационных технологий и безопасности» от «06» сентября 2017 года, протокол №1 .

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

1.1. Целью преподавания «Качество и надежность в транспортных системах» является формирование у студентов теоретических представлений о законах функционирования систем автоматического управления и умения практически использовать методы ТАУ в будущей инженерной деятельности.

1.2. Задачами преподавания дисциплины ТАУ являются:

- дать студентам знания о классификации систем автоматического управления, принципах их построения и показателях качества их функционирования;
- обучить студентов методам анализа и синтеза автоматических систем;
- обучить студентов основам работы с современными программными пакетами моделирования систем автоматического управления.

1.3. Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Общекультурные (ОК)

Код компетенции	Наименование и (или) описание компетенции
ОК-6	способностью использовать общеправовые знания в различных сферах деятельности

Общепрофессиональные (ОПК)

Код компетенции	Наименование и (или) описание компетенции
ОПК-4	способностью применять принципы оценки, контроля и менеджмента качества

1.4. В результате изучения дисциплины студент должен **знать:**

- принципы построения систем автоматического управления и их классификацию;
- способы математического описания автоматических систем и их элементов;
- основные характеристики автоматических систем и их элементов; области практического использования этих характеристик;
- показатели качества функционирования автоматических систем, методы анализа и синтеза автоматических систем.

После освоения материала дисциплины студент должен **уметь:**

- составлять структурные схемы автоматических систем и преобразовывать их;
- выполнять расчет и построение временных и частотных характеристик автоматических систем и их звеньев;

- практически использовать методы исследования устойчивости, качества переходных процессов и точности автоматических систем;
- выполнять синтез корректирующих устройств для одномерных автоматических систем по заданным показателям качества;
- по заданному математическому описанию системы выполнять моделирование ее работы в различных режимах на компьютере.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Качество и надежность в транспортных системах» относится к вариативной части дисциплин по выбору блока Б1.

Рассматриваемая дисциплина имеет как самостоятельное значение, так и является основой для ряда специальных дисциплин.

Базисом освоения дисциплины является объем знаний, навыков и умений, полученных учащимися в рамках дисциплины «Информатика», «Программирование и основы алгоритмизации». Дисциплина является значимой для изучения ряда таких дисциплин как «Информационная безопасность и защита информации», «Сети хранения данных», широко применяется в курсовом и дипломном проектировании и дисциплинах, использующих современные информационные технологии в своем курсе.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ

№ п/п	Наименование модулей и номера тем учебной дисциплины	Трудоёмкость по учебному плану (час/з.е.)	Виды занятий					
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Контрольная работа	Зачёт (экзамен)
1	РАЗДЕЛ 1. Введение	6				6		
2	РАЗДЕЛ 2. Линейные непрерывные модели и характеристики систем	36	1	2		33		
3	РАЗДЕЛ 3. Анализ основных свойств линейных непрерывных систем автоматического управления	36	1	2		33		
4	РАЗДЕЛ 4. Задачи и методы синтеза линейных непрерывных систем автоматического управления	36	1	2		33		
5	РАЗДЕЛ 5. Дискретные системы автоматического управления	36	1	2		33		
6	РАЗДЕЛ 6. Нелинейные системы автоматического управления	38	1	2		35		
7	РАЗДЕЛ 7. Основы теории оптимального управления	22	1	2		19		
	Всего	216/6	6	12	4	194	1	экз.

4. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

РАЗДЕЛ 1. Введение.

1.1. Основные понятия и определения.

Определение теории автоматического управления (ТАУ). Задачи теории автоматического управления. ТАУ как раздел автоматики и информатики. Основные понятия теории управления: управление, виды управления (неавтоматическое, автоматизированное, автоматическое), регулирование, объект управления, регулируемые величины, управляющие и возмущающие воздействия, исполнительное устройство, управляющее устройство, сигнал, датчик, обратная связь, система автоматического управления. Обобщенная функциональная схема системы автоматического управления.

1.2. Принципы управления в автоматических системах.

Информация и принципы управления. Понятие о разомкнутых системах. Принцип компенсации (управление по возмущению). Принцип обратной связи (управление по отклонению), понятие замкнутой системы. Комбинированные системы. Сравнение достоинств и недостатков различных принципов управления. Примеры систем управления техническими, экономическими и организационными объектами. Примеры поведения объектов и систем управления.

1.3. Классификация систем автоматического управления.

Классификация систем управления (СУ) по характеру изменения задающего воздействия: системы стабилизации, системы программного управления, следящие системы. Классификация СУ по способу передачи и преобразования сигналов: непрерывные и дискретные системы. Способы квантования сигналов: по уровню, по времени. Классификация дискретных СУ: импульсные, релейные, цифровые. Классификация СУ по числу управляемых величин: одномерные и многомерные системы. Понятие об адаптивных системах. Классификация СУ по способу математического описания: линейные и нелинейные системы, детерминированные и стохастические системы. Принцип суперпозиции для линейных систем.

РАЗДЕЛ 2. Линейные непрерывные модели и характеристики систем автоматического управления.

2.1. Преобразование Лапласа и его свойства.

Сведения из операционного исчисления: преобразование Лапласа и его основные свойства (линейность, свойства дифференцирования и интегрирования оригинала, теоремы о предельных значениях, теорема запаздывания). Таблица преобразования Лапласа.

2.2. Дифференциальные уравнения и передаточные функции.

Модели типа «вход-выход», понятие звена системы. Общий вид дифференциального

уравнения линейного звена. Переход от описания звена во временной области к описанию в области изображений по Лапласу. Определение и смысл передаточной функции. Идеальные и реальные звенья. Определение статической характеристики звена по его передаточной функции. Статические и динамические звенья.

2.3. Временные характеристики.

Понятие временной характеристики звена. Типовые воздействия (единичное ступенчатое, единичное импульсное). Переходная и весовая (импульсная переходная) функции. Связь между переходной и весовой функциями. Связь переходной функции и весовой функции с передаточной функцией.

2.4. Частотные характеристики.

Особенности реакции линейного звена на гармоническое воздействие. Понятие амплитудной и фазовой частотных характеристик (АЧХ и ФЧХ). Частотная передаточная функция. Амплитудно-фазовая частотная характеристика (АФЧХ). Связь АФЧХ с АЧХ и ФЧХ. Логарифмическая АЧХ (ЛАЧХ). Смысл логарифмической единицы «децибел». Построение частотных характеристик в логарифмическом масштабе частоты. Асимптотические ЛАЧХ; правила их построения.

2.5. Характеристики типовых звеньев.

План изучения типовых звеньев: название, дифференциальное уравнение, передаточная функция, переходная функция, весовая функция, амплитудно-фазовая частотная характеристика, амплитудная частотная характеристика, фазовая частотная характеристика, логарифмические частотные характеристики (ЛАЧХ и ЛФЧХ). Изучаемые звенья: пропорциональное звено; интегрирующее звено; дифференцирующее идеальное звено; форсирующее звено 1-го порядка; апериодическое звено 1-го порядка; дифференцирующее реальное звено; апериодическое звено 2-го порядка; колебательное звено; звено чистого запаздывания.

2.6. Преобразование структурных схем.

Назначение структурных схем. Элементы структурной схемы линейной системы

(звено, сумматор, узел). Правила замены нескольких звеньев одним эквивалентным звеном в случаях: последовательного соединения, параллельного соединения, встречно- параллельного соединения звеньев. Правила эквивалентной перестановки элементов структурной схемы: перестановка звеньев; перестановка сумматоров; перенос узла через звено; перенос сумматора через звено. Преобразование структурной схемы замкнутой СУ к эквивалентной схеме с единичной обратной связью.

2.7. Описание систем в пространстве состояний.

Понятие о пространстве состояний, модели типа «вход-состояние-выход». Векторы

состояния, управления, возмущений и наблюдаемых величин. Уравнение состояния и уравнение наблюдения, их матричная и скалярная форма записи. Структурная схема модели системы в пространстве состояний. Преобразования форм представления моделей СУ.

РАЗДЕЛ 3. Анализ основных свойств линейных непрерывных систем автоматического управления.

3.1. Понятие устойчивости системы управления. Общее условие устойчивости.

Общий смысл понятия устойчивости и его приложение к системам автоматического

управления. Понятие переходного процесса; вынужденная и свободная составляющие переходного процесса; затухание свободной составляющей в устойчивой системе. Дифференциальное уравнение свободной составляющей; характеристическое уравнение системы. Влияние вида корней характеристического уравнения системы на характер свободной составляющей. Формулировка условия устойчивости линейной системы по виду корней ее характеристического уравнения. Случай нахождения системы на границе устойчивости. Понятие о неустойчивых звеньях.

3.2. Алгебраический критерий устойчивости Гурвица.

Правило составления главного определителя Гурвица и определителей Гурвица

низших порядков. Критерий устойчивости Гурвица. Частные случаи применения критерия Гурвица к системам 1-го, 2-го и 3-го порядка, необходимые и достаточные условия устойчивости таких систем.

3.3. Частотный критерий устойчивости Найквиста.

Постановка задачи (определение устойчивости замкнутой системы по АФЧХ

разомкнутой системы). Общая формулировка критерия Найквиста; правило переходов. Частный случай формулировки критерия Найквиста при устойчивой разомкнутой системе. Правило определения устойчивости замкнутой системы по ЛАЧХ и ЛФЧХ разомкнутой

системы. Запасы устойчивости системы по амплитуде и по фазе. Понятие о структурной и параметрической неустойчивости системы.

3.4. Оценка точности регулирования в установившихся режимах.

Понятия установившегося режима СУ и установившейся ошибки.

Передаточная

функция СУ относительно ошибки. Общая формула вычисления установившейся ошибки. Коэффициенты ошибок. Частные случаи вычисления установившихся ошибок в типовых режимах СУ: статический режим, режим изменения управляемой величины с постоянной скоростью, режим изменения управляемой величины с постоянным ускорением. Понятие порядка астатизма СУ; способы определения порядка астатизма. Определение установившейся ошибки при одновременном действии задающего и возмущающего воздействий. Прямая оценка качества переходных процессов.

Типовой вид переходных функций СУ. Количественные показатели качества,

определяемые по переходной функции СУ: время первого согласования, время достижения максимума, время переходного процесса, максимальное перерегулирование, декремент затухания колебаний. Интегральные оценки качества.

3.5. Косвенная оценка качества переходных процессов по корням характеристического уравнения системы.

Корневой показатель «степень устойчивости», его связь с временем переходного

процесса. Корневой показатель колебательности, его связь с декрементом затухания колебаний. Влияние расположения корней характеристического уравнения на вид переходных процессов СУ.

3.6. Косвенная оценка качества переходных процессов по частотным характеристикам системы.

Типовой вид АЧХ системы. Максимальное значение АЧХ, его связь с

колебательностью процессов; резонансная частота системы. Полоса пропускания и частота среза системы, их связь с быстродействием системы. Влияние полосы пропускания на помехозащищенность СУ. Оценка качества переходных процессов СУ по величине запасов устойчивости.

3.7. Оценка чувствительности систем. Инвариантность систем.

Понятие о чувствительности автоматической системы. Функции чувствительности.

Понятие о робастных системах. Понятие об инвариантности СУ. Условие инвариантности. Физическая реализуемость инвариантных систем.

3.8. Анализ линейных стохастических систем при стационарных случайных воздействиях.

Понятие о стационарных и нестационарных случайных процессах в СУ.

Типовые

законы распределения случайных величин. Характеристики случайных сигналов: математическое ожидание, дисперсия, корреляционная функция, спектральная плотность. Прохождение случайных сигналов через линейные звенья. Линейные стохастические модели СУ. Определение вероятностных характеристик ошибки системы при стационарных случайных воздействиях.

3.9. Основы анализа систем в пространстве состояний.

Фундаментальная матрица. Матричное характеристическое уравнение и условие устойчивости. Понятие управляемости системы. Математическое условие управляемости. Понятие наблюдаемости системы. Математическое условие наблюдаемости.

РАЗДЕЛ 4. Задачи и методы синтеза линейных непрерывных систем автоматического управления.

4.1. Назначение и виды корректирующих устройств.

Назначение корректирующих устройств. Постановка задачи синтеза

корректирующих устройств. Последовательные и параллельные корректирующие устройства.

4.2. Задачи, решаемые с помощью корректирующих устройств.

Повышение быстродействия в разомкнутой системе с помощью форсирующего звена. Свойства статической замкнутой системы с П-регулятором. Компенсация статической ошибки путем усиления задающего сигнала. Повышение порядка астатизма замкнутой системы; свойства астатической системы с И-регулятором. Свойства замкнутой системы с ПИ-регулятором и ПИД-регулятором. Подавление колебательных свойств объекта управления с помощью корректирующего устройства. Компенсация запаздывания в объекте управления.

4.3. Синтез последовательного корректирующего устройства по методу ЛАЧХ.

Постановка задачи синтеза. Построение желаемой ЛАЧХ разомкнутой системы в соответствии с заданными показателями качества. Определение ЛАЧХ корректирующего устройства. Переход от ЛАЧХ корректирующего устройства к его передаточной функции.

4.4. Синтез последовательного корректирующего устройства по методу стандартных переходных характеристик.

Постановка задачи синтеза. Корневой метод выбора желаемой передаточной функции системы. Понятие среднегеометрического корня; его связь с быстродействием системы. Биномиальный способ распределения

корней характеристического уравнения. Распределение корней характеристического уравнения по Баттерворту (настройка на модульный оптимум). Вид стандартных переходных характеристик системы для данных способов распределения корней; коэффициенты желаемой передаточной функции системы.

4.5. Синтез корректирующих устройств многоконтурных систем.

Структурная схема многоконтурной системы подчиненного регулирования (СПР).

Последовательный синтез корректирующих устройств СПР по условию настройки на модульный оптимум. Выбор базовой постоянной времени СПР.

РАЗДЕЛ 5. Дискретные системы автоматического управления.

5.1. Общая характеристика дискретных систем.

Основные понятия об импульсных СУ. Способы импульсной модуляции:

амплитудно-импульсная модуляция (АИМ), широтно-импульсная модуляция (ШИМ). Примеры импульсных систем с использованием АИМ и ШИМ. Понятие о релейных системах. Пример замкнутой системы с релейным регулятором. Обобщенная функциональная схема цифровой системы. Понятие цифрового сигнала; дискретность цифровых сигналов по уровню и по времени. Принцип работы управляющей ЭВМ в цифровой системе. Преимущества цифровых систем по сравнению с аналоговыми системами.

5.2. Математическое описание дискретных систем.

Дискретные функции времени. Дискретные звенья. Разностные уравнения. Z-

преобразование и его свойства. Таблица z-преобразования. Связь между преобразованием Лапласа непрерывных функций и z-преобразованием дискретных функций. Дискретная передаточная функция (ДПФ). Переход от ДПФ звена (системы) к его уравнению во временной области. Способы приближенного дискретного интегрирования: метод прямоугольников (с запаздыванием, с опережением), метод трапеций. Аппроксимация непрерывной передаточной функции дискретной передаточной функцией. Восстановление непрерывной передаточной функции по известной дискретной передаточной функции. Линейные дискретные модели СУ.

5.3. Анализ и синтез дискретных систем.

Исследование устойчивости, точности и качества переходных процессов дискретных

СУ. Выбор периода дискретности СУ. Нахождение алгоритма функционирования цифрового регулятора по известной передаточной функции аналогового регулятора.

РАЗДЕЛ 6. Нелинейные автоматические системы.

6.1. Классификация и особенности нелинейных звеньев.

Определение нелинейной системы. Естественные и искусственно введенные нелинейности СУ. Статические и динамические нелинейности. Одномерные и многомерные нелинейности. Слабые и существенные нелинейности. Однозначные и неоднозначные нелинейности. Типовые нелинейности СУ: насыщение; зона нечувствительности; люфт; релейные характеристики. Нелинейные модели СУ. Невыполнение принципа суперпозиции для нелинейных звеньев. Неприменимость математического аппарата теории линейных систем для описания нелинейных звеньев и систем. Методы линеаризации нелинейных моделей. Понятие о технической и математической линеаризации нелинейностей.

6.2. Исследование устойчивости нелинейных систем.

Особенности анализа равновесных режимов нелинейных СУ.

Устойчивость

положений равновесия СУ. Понятие об устойчивости «в малом», «в большом» и «в целом». Анализ поведения СУ на фазовой плоскости.

Постановка задачи исследования устойчивости состояния равновесия «в малом». Первый и второй методы Ляпунова. Линеаризация нелинейности путем ее разложения в ряд Тейлора; линеаризация одномерных и многомерных нелинейностей.

Понятие абсолютной устойчивости. Отнесение нелинейности к определенному классу. Частотный метод исследования абсолютной устойчивости Попова. Графическое представление критерия абсолютной устойчивости.

6.3. Исследование периодических режимов нелинейных систем методом гармонического баланса.

Режим автоколебаний в нелинейной системе. Природа возникновения

автоколебаний. Симметричные и несимметричные автоколебания. Мягкий и жесткий режим возбуждения автоколебаний. Устойчивые и неустойчивые автоколебания.

Гипотеза фильтра для линейной части системы. Сущность метода гармонической линеаризации (гармонического баланса). Передаточная функция гармонически линеаризованного звена. Определение коэффициентов гармонической линеаризации для случаев симметричных и несимметричных автоколебаний.

Алгебраический метод определения параметров (амплитуды и частоты) симметричных автоколебаний. Частотный критерий устойчивости автоколебаний.

6.4. Техническая линеаризация нелинейностей.

Метод вибрационной линеаризации на примере нелинейности релейного типа.

Метод компенсации нелинейностей объекта управления с помощью нелинейных корректирующих устройств.

6.5. Синтез нелинейного регулятора положения.

Понятие о позиционной электромеханической системе, ее функциональная схема.

Линейный подход к синтезу регуляторов позиционной системы, его недостатки. Необходимость ограничения управляемых величин позиционной системы. Оптимальный по быстродействию процесс перемещения в заданное положение. Методика синтеза нелинейного регулятора положения позиционной системы.

РАЗДЕЛ 7. Основы теории оптимального управления.

Задачи оптимального управления. Критерии оптимальности. Методы теории оптимального управления: классическое вариационное исчисление, принцип максимума, динамическое программирование. СУ оптимальные по быстродействию, оптимальные по расходу ресурсов и расходу энергии. Аналитическое конструирование оптимальных регуляторов.

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

5.1. Темы контрольных работ

Рабочими учебными планами профиля подготовки предусмотрено выполнение 1 контрольной работы.

ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Принципы управления в автоматических системах.
2. Классификация систем управления (СУ) по характеру изменения задающего воздействия.
3. Классификация СУ по способу передачи и преобразования сигналов.
4. Способы квантования сигналов.
5. Классификация дискретных СУ.
6. Классификация СУ по числу управляемых величин.
7. Классификация СУ по способу математического описания.
8. Принцип суперпозиции для линейных систем.
9. Алгебраический критерий устойчивости Гурвица.
10. Частотный критерий устойчивости Найквиста.
11. Оценка точности регулирования в установившихся режимах.
12. Прямая оценка качества переходных процессов.
13. Косвенная оценка качества переходных процессов.

5.2. Тематика курсовых работ (проектов)

Рабочим учебным планом предусмотрено выполнение курсовой работы (проекта) не предусмотрено.

5.3. Перечень методических рекомендаций

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

5.4. Перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Классификация систем управления (СУ) по характеру изменения задающего воздействия: системы стабилизации, системы программного управления, следящие системы.
2. Классификация СУ по способу передачи и преобразования сигналов: непрерывные и дискретные системы. Способы квантования сигналов: по уровню, по времени.
3. Классификация дискретных СУ: импульсные, релейные, цифровые.
4. Классификация СУ по числу управляемых величин: одномерные и многомерные системы.
5. Адаптивные системы.
6. Классификация СУ по способу математического описания: линейные и нелинейные системы, детерминированные и стохастические системы.
7. Принцип суперпозиции для линейных систем.
8. Модели типа «вход-выход», понятие звена системы.
9. Определение и смысл передаточной функции. Идеальные и реальные звенья.
10. Определение статической характеристики звена по его передаточной функции. Статические и динамические звенья.
11. Понятие временной характеристики звена. Типовые воздействия (единичное ступенчатое, единичное импульсное).
12. Переходная и весовая (импульсная переходная) функции. Связь между переходной и весовой функциями.
13. Связь переходной функции и весовой функции с передаточной функцией.
14. Понятие о пространстве состояний, модели типа «вход-состояние-выход». Векторы состояния, управления, возмущений и наблюдаемых величин.
15. Уравнение состояния и уравнение наблюдения, их матричная и скалярная форма записи.
16. Структурная схема модели системы в пространстве состояний.
17. Преобразования форм представления моделей СУ.
18. Дискретные функции времени.
19. Дискретные звенья.
20. Разностные уравнения.
21. Z-преобразование и его свойства. Таблица z-преобразования.
22. Связь между преобразованием Лапласа непрерывных функций и z-преобразованием дискретных функций.

23. Дискретная передаточная функция (ДПФ). Переход от ДПФ звена (системы) к его уравнению во временной области.
24. Способы приближенного дискретного интегрирования: метод прямоугольников (с запаздыванием, с опережением), метод трапеций.
25. Аппроксимация непрерывной передаточной функции дискретной передаточной функцией.
26. Восстановление непрерывной передаточной функции по известной дискретной передаточной функции.
27. Линейные дискретные модели СУ.
28. Определение нелинейной системы. Естественные и искусственно введенные нелинейности СУ.
29. Статические и динамические нелинейности.
30. Одномерные и многомерные нелинейности.
31. Слабые и существенные нелинейности.
32. Однозначные и неоднозначные нелинейности.
33. Типовые нелинейности СУ: насыщение; зона нечувствительности; люфт; релейные характеристики.
34. Нелинейные модели СУ.
35. Методы линеаризации нелинейных моделей.
36. Понятие о технической и математической линеаризации нелинейностей.
37. Особенности анализа равновесных режимов нелинейных СУ.
38. Устойчивость положений равновесия СУ. Понятие об устойчивости «в малом», «в большом» и «в целом».
39. Анализ поведения СУ на фазовой плоскости.
40. Постановка задачи исследования устойчивости состояния равновесия «в малом». Первый и второй методы Ляпунова.
41. Линеаризация нелинейности путем ее разложения в ряд Тейлора. Линеаризация одномерных и многомерных нелинейностей.
42. Понятие абсолютной устойчивости.
43. Отнесение нелинейности к определенному классу.
44. Частотный метод исследования абсолютной устойчивости Попова.
45. Графическое представление критерия абсолютной устойчивости.
46. Режим автоколебаний в нелинейной системе. Природа возникновения автоколебаний.
47. Симметричные и несимметричные автоколебания.
48. Мягкий и жесткий режим возбуждения автоколебаний.
49. Устойчивые и неустойчивые автоколебания.
50. Гипотеза фильтра для линейной части системы.
51. Сущность метода гармонической линеаризации (гармонического баланса).
52. Передаточная функция гармонически линеаризованного звена.
53. Определение коэффициентов гармонической линеаризации для случаев симметричных и несимметричных автоколебаний.

54. Алгебраический метод
определения параметров (амплитуды и
частоты) симметричных автоколебаний. Частотный критерий
устойчивости автоколебаний.
55. Понятие о позиционной электромеханической системе, ее
функциональная
схем
- а. 56. Линейный подход к синтезу регуляторов позиционной системы, его
недостатки.
57. Необходимость ограничения управляемых величин позиционной
системы.
58. Оптимальный по быстродействию процесс
перемещения в заданное положение.
59. Методика синтеза нелинейного регулятора положения позиционной
системы.

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 приложением к рабочей программе.

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

Основная литература

- 1 Александровская Л. Н. Безопасность и надежность технических систем [Электронный учебник] : Учебное пособие / Александровская Л. Н., 2008, Логос. - 376 с. Режим доступа: <http://iprbookshop.ru/9055>
- 2 Надежность технических систем и техногенный риск [Электронный учебник] : учебное пособие / С. А. Колодяжный, Е. А. Сушко ; сост. С. А. Сазонова, 2013, Воронежский ГАСУ. - 148 с.

Дополнительная литература:

- 1 Рябинин, Игорь Алексеевич. Надежность и безопасность структурно-сложных систем : монография / И. А. Рябинин, 2007, Изд-во С.-Петерб. ун-та. - 275, [1] с. ; [1] л. портр.
- 2 Современный транспорт : инфраструктура, инновации, интеллектуальные системы : сб. тр. / М-во образования и науки РФ, СЗТУ, Междунар. акад. транспорта, 2010, Изд-во СЗТУ. - 375 с.

Программное обеспечение

ППП MS Office 2010
Текстовый редактор Блокнот
Браузеры IE, Google Chrome, Opera и др.

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.Электронная библиотека 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 дисциплины используется балльно-рейтинговая технология, которая позволяет реализовать непрерывную и комплексную систему оценивания учебных достижений студентов. Непрерывность означает, что текущие оценки не усредняются, а непрерывно складываются на всем протяжении при изучении дисциплины в семестре. Комплексность означает учет всех форм учебной и творческой работы студента в течение семестра.

Балльно-рейтинговая технология, включает в себя два вида контроля: текущий контроль и промежуточная аттестация по дисциплине.

Лекционные занятия проводятся в форме контактной работы со студентами или с применением дистанционных образовательных технологий.

Практические занятия проводятся в форме контактной работы со студентами и с применением дистанционных образовательных технологий, в компьютерном классе либо в аудитории с мультимедийным оборудованием.

Контрольная работа выполняется студентом самостоятельно используя знания и практические навыки, полученные на лекциях, практических занятиях, в ходе выполнения лабораторных работ.

Консультирование студентов в процессе изучения дисциплины организуется кафедрой и осуществляется преподавателем в форме контактной работы со студентами с применением дистанционных образовательных технологий. Консультирование может осуществляться как в режиме on-line, так и заочно в форме ответов на вопросы студентов, направляемых преподавателю посредством размещения их в разделе «Консультации» в структуре изучаемой дисциплины в электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС) университета.

Роль консультаций должна сводиться, в основном, к помощи в изучении дисциплины (модуля), выполнении практических работ, контрольных работ.

Текущий контроль (ТК) - основная часть балльно-рейтинговая технологии, основанная на поэтапном контроле усвоения студентом учебного материала, выполнении индивидуальных заданий.

Форма контроля: тестовые оценки в ходе изучения дисциплины, оценки за выполнение индивидуальных заданий, практических работ, контрольных работ курсовых работ (проектов).

Основная цель ТК: своевременная оценка успеваемости студентов, побуждающая их работать равномерно, исключая малые загрузки или перегрузки в течение семестра.

ТК осуществляется программными средствами ЭИОС в период самостоятельной работы студента по его готовности.

Оценивание учебной работы студента осуществляется в соответствии с критериями оценивания, определяемые балльно-рейтинговой системой (БРС) рабочей программы учебной дисциплины

По результатам ТК, при достаточной личной организованности и усердии, студенты имеют возможность получить оценку при промежуточной аттестации по итогам текущей успеваемости,

Промежуточная аттестация (ПА) - это проверка оценочными средствами уровня учебных достижений студентов по всей дисциплине за семестр.

Формы контроля: экзамен в виде многовариантного теста (до 35 заданий). Тесты формируются соответствующими программными средствами случайным образом из банка тестовых заданий по учебной дисциплине.

ПА осуществляется с применением дистанционных образовательных технологий.

Цель ПА: проверка базовых знаний дисциплины и практических навыков, полученных при изучении модуля (дисциплины) и уровня сформированности компетенций.

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

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

10.1. 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.

10.2. Дистанционное обучение с использованием ЭИОС на платформе Moodle.

- Технология мультимедиа в режиме диалога.

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

– Гипертекстовая технология (электронные учебники, справочники, словари, энциклопедии).

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

1. Библиотека.
2. Справочно-правовая система Консультант Плюс.
3. Электронная информационно-образовательная среда университета.
4. Локальная сеть с выходом в Интернет.

12. БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА

Формирование оценки текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины осуществляется с использованием балльно-рейтинговой оценки работы студента.

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	баллы
Участие в online занятиях, прослушивание видео лекций	0 – 5
Контрольный тест к разделу 1 – 2	0 – 13
Контрольный тест к разделу 3 – 4	0 – 13
Контрольный тест к разделу 5 – 6	0 – 14
Контрольный тест к разделу 7	0 – 5
Контрольная работа	0 – 20
Итого за учебную работу	0 – 70
Итоговый контрольный тест	0 – 30
Всего	0 – 100

Бальная шкала оценки

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

Оценка по контрольной работе

Оценка	Количество баллов
отлично	18 – 20
хорошо	15 – 17
удовлетворительно	12 – 14
неудовлетворительно	менее 12

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

1. Перечень формируемых компетенций

Общекультурные (ОК)

Код компетенции	Наименование и (или) описание компетенции
ОК-6	способностью использовать общеправовые знания в различных сферах деятельности

Общепрофессиональные (ОПК)

Код компетенции	Наименование и (или) описание компетенции
ОПК-4	способностью применять принципы оценки, контроля и менеджмента качества

2. Паспорт фонда оценочных средств

№ п/п	Контролируемые модули (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	РАЗДЕЛ 1. Введение	ОК-6, ОПК-4	Контрольный тест к разделам 1-2
2	РАЗДЕЛ 2. Линейные непрерывные модели и характеристики систем	ОК-6, ОПК-4	
3	РАЗДЕЛ 3. Анализ основных свойств линейных непрерывных систем автоматического управления	ОК-6, ОПК-4	Контрольный тест к разделам 3-4
4	РАЗДЕЛ 4. Задачи и методы синтеза линейных непрерывных систем автоматического управления	ОК-6, ОПК-4	
5	РАЗДЕЛ 5. Дискретные системы автоматического управления	ОК-6, ОПК-4	Контрольный тест к разделам 5-6
6	РАЗДЕЛ 6. Нелинейные системы автоматического управления	ОК-6, ОПК-4	
7	РАЗДЕЛ 7. Основы теории оптимального управления	ОК-6, ОПК-4	Контрольный тест к разделу 7
8	РАЗДЕЛЫ 1-7	ОК-6, ОПК-4	Итоговый контрольный тест Контрольная работа

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	Знать (ОК-6, ОПК-4): принципы построения систем автоматического управления и их классификацию; способы математического описания автоматических систем и их элементов; основные характеристики автоматических систем и их элементов; области практического использования этих характеристик; показатели качества функционирования автоматических систем, методы анализа и синтеза автоматических систем.	Не знает	Знает некоторые принципы построения систем автоматического управления	Знает основные принципы построения систем автоматического управления и их классификацию; способы математического описания автоматических систем и их элементов; основные характеристики автоматических систем и их элементов	Знает принципы построения систем автоматического управления и их классификацию; способы математического описания автоматических систем и их элементов; основные характеристики автоматических систем и их элементов; области практического использования этих характеристик;	Знает принципы построения систем автоматического управления и их классификацию; способы математического описания автоматических систем и их элементов; основные характеристики автоматических систем и их элементов; области практического использования этих характеристик; показатели качества функционирования автоматических систем, методы анализа и синтеза автоматических систем.
Второй этап	Уметь (ОК-6, ОПК-4): –составлять структурные схемы автоматических систем и преобразовывать их; –выполнять расчет и построение временных и частотных характеристик автоматических систем и их звеньев; –практически использовать методы исследования устойчивости, качества	Не умеет	Ошибается в составлении структурных схем	Умеет самостоятельно составлять структурные схемы автоматических систем и преобразовывать их;	Умеет – составлять структурные схемы автоматических систем и преобразовывать их; –выполнять расчет и построение временных и частотных характеристик автоматических систем и их звеньев;	Умеет – составлять структурные схемы автоматических систем и преобразовывать их; –выполнять расчет и построение временных и частотных характеристик автоматических систем и их звеньев; –практически использовать методы исследования устойчивости, качества

	переходных процессов и точности автоматических систем; –выполнять синтез корректирующих устройств для одномерных автоматических систем по заданным показателям качества; –по заданному математическому описанию системы выполнять моделирование ее работы в различных режимах на компьютере.					переходных процессов и точности автоматических систем; –выполнять синтез корректирующих устройств для одномерных автоматических систем по заданным показателям качества; –по заданному математическому описанию системы выполнять моделирование ее работы в различных режимах на компьютере.
Третий этап	Владеть (ОК-6, ОПК-4): тонкостями распределения и движения информационных потоков в Интернет;	Не владеет	Владеет некоторыми тонкостями распределения и движения информационных потоков в Интернет	Владеет тонкостями распределения и движения информационных потоков в Интернет	Владеет тонкостями распределения и движения информационных потоков в Интернет; навыками работы в инструментальной среде создания Web-документов	Уверенно владеет тонкостями распределения и движения информационных потоков в Интернет; навыками работы в инструментальной среде создания Web-документов

4. Шкалы оценивания (балльно-рейтинговая система)

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	баллы
Участие в online занятиях, прослушивание видео лекций	0 – 5
Контрольный тест к разделу 1 – 2	0 – 13
Контрольный тест к разделу 3 – 4	0 – 13
Контрольный тест к разделу 5 – 6	0 – 14
Контрольный тест к разделу 7	0 – 5
Контрольная работа	0 – 20
Итого за учебную работу	0 – 70
Итоговый контрольный тест	0 – 30
Всего	0 – 100

Бальная 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

1. Принципы управления в автоматических системах.
2. Классификация систем управления (СУ) по характеру изменения задающего воздействия.
3. Классификация СУ по способу передачи и преобразования сигналов.
4. Способы квантования сигналов.
5. Классификация дискретных СУ.
6. Классификация СУ по числу управляемых величин.
7. Классификация СУ по способу математического описания.
8. Принцип суперпозиции для линейных систем.
9. Алгебраический критерий устойчивости Гурвица.
10. Частотный критерий устойчивости Найквиста.
11. Оценка точности регулирования в установившихся режимах.
12. Прямая оценка качества переходных процессов.
13. Косвенная оценка качества переходных процессов.

5.2.Типовой тест промежуточной аттестации

1. Различают следующие 2 типа сетей
 - a. локальные
 - b. виртуальные
 - c. глобальные
2. Прямое соединение компьютеров в сеть в ОС Windows XP выполняется
 - a. через стандартные аппаратные средства
 - b. на базе специального аппаратного и программного обеспечения
3. Компьютерная сеть предназначена
 - a. для доступа к общим ресурсам
 - b. для электронного документооборота
 - c. для дистанционного общения пользователей
4. Какой вид ресурса не относится к области компьютерных сетей
 - a. топливный
 - b. аппаратный
 - c. информационный
 - d. программный
5. Компьютерная сеть - это
 - a. физическое соединение компьютеров
 - b. логическое соединение компьютеров
 - c. виртуальное соединение компьютеров
6. К терминологии WWW-документа не относится понятие:
 - a. каталог
 - b. гиперссылка
 - c. браузер
 - d. сайт
 - e. домашняя страница
 - f. страница
7. Что представляет собой доменный адрес компьютера в сети:
 - a. произвольное наименование компьютера в сети
 - b. географическое название участка сети
 - c. название компьютера в пределах участка сети плюс имя домена этого участка
8. HTML - это:

- a. драйверы сетевых контроллеров
 - b. система адресации ресурсов
 - c. язык разметки документов
 - d. протокол передачи гипертекста
9. Гипертекст - это:
- a. текст, размеры которого превышают возможности средств его просмотра
 - b. текст, содержащий ссылки на другие тексты (документы)
 - c. текст, включающий дерево подтекстов
10. Электронный чек - это:
- a. документ, подтверждающий факт сделки купли-продажи
 - b. предписание банку плательщика выдать наличные деньги получателю
 - c. предписание банку плательщика на перечисление денег на счет получателя
11. Симметричные методы это:
- a. шифровальные методы с одним секретным ключом
 - b. шифровальные методы без использования ключа
 - c. шифровальные методы с одним открытым ключом
12. Идентификацией называется:
- a. совпадение каких либо двух событий
 - b. последовательность символов латинского алфавита и цифр, обеспечивающих несанкционированный доступ пользователя
 - c. последовательность символов, предназначенных для адресации пользователя
13. Единицей цифровых денег является:
- a. купюра
 - b. чек
 - c. банкнота
 - d. купон
14. Как называется число или код, используемое для проверки целостности канала коммуникации
- a. ключ
 - b. пакет
 - c. пароль
15. Цифровые деньги целесообразно использовать при:
- a. оплате небольшой денежной суммы при получении товара в реальном времени
 - b. внесении аванса за крупную покупку
 - c. оплате крупной денежной суммы после получения товара

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.