

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА»**
(БГТУ им. В.Г. Шухова)



« 15 » 05 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)

Теория автоматического управления
(наименование дисциплины, модуля, практики)

направление подготовки (специальность):

15.03.06 – Мехатроника и робототехника
(шифр и наименование направления бакалавриата, магистра, специальности)

Направленность программы (профиль, специализация):

Мехатроника и робототехника
(наименование образовательной программы (профиль, специализация))

Квалификация

бакалавр
(бакалавр, магистр, специалист)

Форма обучения

очная
(очная, заочная и др.)

Институт: Информационных технологий и управляющих систем


Кафедра: Техническая кибернетика

Белгород – 2015

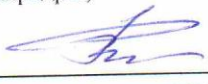
Рабочая программа составлена на основании требований:

▪ Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования 15.03.06 Мехатроника и робототехника (бакалавриат), приказ Минобрнауки России от 12 марта 2015 г. № 206

▪ плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2015 году по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника (бакалавриат)

Составитель (составители): д.т.н., проф.  (В.Г. Рубанов)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

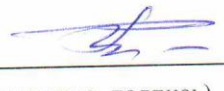
Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой
Техническая кибернетика
(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  (В.Г. Рубанов)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

« 12 » 05 _____ 2015 г.

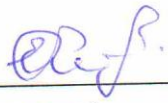
Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 12 » 05 _____ 2015 г., протокол № 10 _____

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  (В.Г. Рубанов)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 15 » 05 _____ 2015 г., протокол № 7 _____

Председатель: канд. техн. наук, доц.  (Ю.И. Солопов)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
Общепрофессиональные			
1	ОПК-2	Владение физико-математическим аппаратом, необходимым для описания мехатронных и робототехнических систем	В результате освоения дисциплины обучающийся должен Знать: подходы к составлению математических моделей элементов и систем Уметь: собирать необходимый материал и использовать математический аппарат и физические законы для получения математических моделей Владеть: методами анализа и синтеза систем автоматического управления
Профессиональные			
1	ПК-1	Способность составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники	В результате освоения дисциплины обучающийся должен Знать: принципы построения и математического описания систем, методы анализа устойчивости и качества, методы синтеза законов управления Уметь: производить расчет динамических свойств систем, осуществлять синтез корректирующих устройств и законов управления Владеть: способностью проводить экспериментальные исследования систем и обработку результатов

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Математический анализ
2	Алгебра и аналитическая геометрия
3	Физика
4	Электротехника
5	Математические основы теории управления
6	Теоретическая механика
8	Электронные устройства мехатронных и робототехнических систем
9	Технические средства систем управления роботов
10	Математические модели элементов и систем управления

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Мобильные робототехнические комплексы
2	Манипуляционные робототехнические системы
3	Моделирование систем
4	Проектирование робототехнических систем
5	Оптимальные системы
6	Приводы мехатронных и робототехнических систем
7	Интеллектуальные системы управления
8	Научно-исследовательская работа по направлению подготовки

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 11 зач. единицы, 396 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр №5		Семестр №6	
		Всего часов	В неделю	Всего часов	В неделю
Общая трудоемкость дисциплины, час	396				
Аудиторные часы, в т.ч.:	153				
лекции	85	34	2	51	3
лабораторные	34	17	1	17	1
практические	34	17	1	17	1
семинары					
УИРС					
Консультации					
Самостоятельная работа студентов	243				
Курсовой проект					к.р.
Расчетно-графические задания					
Контрольные работы					
Рефераты					
Другие виды самостоятельной работы					
Вид контроля (зачет, экзамен)	Э (36)	Э (36)		Э (36)	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 3 Семестр 5

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час

		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1. Общие свойства систем					
1	Основные понятия, задачи теории управления, информация и принципы управления. Предмет теории управления как раздела кибернетики. Понятие об управлении, системе и среде. Обмен информацией между управляемой системой и средой. Понятие обратной связи. Цели и задачи, решаемые теорией управления.	1			2
2	Классификация систем управления, поведение объектов и СУ. Понятие о классификационных признаках. Классификация систем по физической или социальной природе объектов (технических, технологических, эргатических, организационных) управления. Классификация систем по характеру внутренних динамических процессов, по виду уравнений, описывающих процессы в системах, по ошибке при отработке ступенчатого воздействия, по объему используемой информации и характеру изменения задающего воздействия.	1			2
3	Примеры систем управления. Поплавковый регулятор уровня жидкости. Регулятор скорости вращения якоря электрического двигателя постоянного тока. Следящая система.	2			4
4	Функциональные системы автоматических систем управления. Принципы построения автоматических систем управления. Функциональные схемы систем управления. Функционально-необходимые элементы автоматических систем. Виды обратных связей. Законы управления.	2	1		4
5	Математические модели систем и сигналов, линейные непрерывные модели, модели «вход-выход», модели «вход-состояние-выход». Уравнение движения. Статическая характеристика. Модели действительного и комплексного переменного. Векторно-матричное описание сигналов. Модели «вход-состояние-выход». Графовые модели. Преобразование форм представления моделей.	2	1		8
6	Структурные схемы систем и методы их преобразования. Структурная схема автоматической системы. Преобразование структурных схем линейных систем. Виды передаточных функций систем. Передаточные функции статических и астатических систем. Оценка точности астатических систем.	4	1	2	8
2. Методы анализа и синтеза линейных систем					
7	Анализ основных свойств линейных систем управления. Устойчивость линейных автоматических систем. Определение устойчивости автономных и неавтономных систем. Условие устойчивости автономных систем по Ляпунову. Критерии устойчивости: Гурвица, Михайлова, Найквиста, логарифмический критерий устойчивости. Критический коэффициент усиления систем. Д-разбиение в плоскости одного и двух параметров	8	6	6	22
8	Наблюдаемость и управляемость систем управления, инвариантность, чувствительность. Физическое содержание понятия наблюдаемость систем. Виды наблюдаемости в пространстве состояния. Условие наблюдаемости линейных стационарных систем. Физическое содержание понятия управляемости по Калману. Принцип двойственности в теории управляемости и наблюдаемости. Понятие инвариантности динамических управляемых систем.	2			6

9	Качество переходных процессов в линейных системах управления. Методы анализа качества линейных автоматических систем Прямые и косвенные методы оценки качества линейных систем. Оценка качества систем во временной области с использованием электронной модели и модели в форме пространства состояния. Косвенная оценка качества по вещественной частотной характеристике и с применением метода корневого годографа. Интегральные методы оценки качества.	6	6	2	16
10	Задачи и методы синтеза линейных автоматических систем Параметрический синтез систем с использованием интегральных оценок. Автоматические регуляторы, реализующие требуемые законы управления, как средства стабилизации и повышения качества регулирования. Методы повышения статической точности, методы увеличения запаса устойчивости. Методы синтеза корректирующих устройств. Синтез корректирующих устройств по ЛАЧХ, по корневому годографу.	6	3	6	20
	ВСЕГО	34	17	17	92

Курс 3 Семестр 6

3. Методы анализа и синтеза нелинейных систем					
11	Нелинейные модели систем управления и их свойства. Особенности нелинейных автоматических систем регулирования и управления. Нарушение принципов коммутативности и суперпозиции. Зависимость характера выходного сигнала от уровня входного сигнала и начальных условий. Виды устойчивости в нелинейных системах. Типы нелинейностей и виды статических характеристик нелинейных элементов.	3	1		2
12	Анализ равновесных режимов. Косвенные методы оценки устойчивости нелинейных систем (точные методы исследования). Первый и второй методы Ляпунова частотный метод исследования абсолютной устойчивости. Определение свойства устойчивости нелинейных систем. Второй метод Ляпунова. Геометрическая интерпретация. Теоремы Ляпунова об асимптотической и автоколебательной устойчивости. Абсолютная устойчивость нелинейных систем. Метод Попова.	4	2	2	6
13	Анализ поведения системы управления на фазовой плоскости. Прямые методы оценки устойчивости и качества нелинейных систем (точные методы исследования). Метод фазовой плоскости. Фазовые траектории. Предельные циклы. Метод изоклин. Анализ равновесных режимов. Особые точки фазовой плоскости: центр, фокус, узел, седло. Особые точки и фазовые траектории нелинейных систем непрерывного и разрывного классов. Метод припасовывания. Иллюстрация на примере релейной следящей системы.	6	3	4	12
14	Структурные способы улучшения качества управления. Организация скользящего режима как метод улучшения качества управления. Системы с переменной структурой. Скользящий режим в системах с переменной структурой.	2	2	2	6
15	Исследование периодических режимов методом гармонического баланса. Гармоническая линеаризация нелинейных систем (приближенные методы исследования периодических режимов с нелинейных системах). Физические основы метода гармонической линеаризации. Гармоническая линеаризация нелинейностей. Коэффициенты гармонической линеаризации. Эквивалентный комплексный коэффициент передачи нелинейного элемента. Линеаризованная модель нелинейной системы. Метод Гольдфарба. Частота и амплитуда периодических колебаний. Алгебраический метод свободных одночастотных колебаний. Анализ симметричных одночастотных вынужденных колебаний. Исследование вынужденных одночастотных периодических колебаний. Режимы	10	4	6	23

	захватывания.				
16	Методы коррекции нелинейных автоматических систем. Способы коррекции. Линейная коррекция. Нелинейные корректирующие устройства. Псевдолинейные корректирующие устройства. Их свойства. Оценка косвенных показателей качества по ЛАЧХ.	2			8
4. Оптимальные системы АУ					
17	Оптимальные системы управления. Критерии оптимальности. Постановка задачи оптимального управления. Методология выбора минимизируемого функционала. Классификация минимизируемых функционалов. Особенности стабилизирующего оптимального управления.	2			8
18	Методы теории оптимального управления: классическое вариационное исчисления, принцип максимума, динамическое программирование. Классическое вариационное исчисление. Принцип максимума Понтрягина. Метод динамического программирования Беллмана.	6			16
19	Оптимальные по быстродействию системы управления, расходу ресурсов и расходу энергии. Принцип максимума для оптимальных по быстродействию систем. Теорема об n-интервалах. Примеры синтеза оптимальных по быстродействию систем. алгоритмов управления методом вариационного исчисления и с помощью принципа максимума для различных объектов управления.	4	4		14
5. Динамические системы АУ					
20	Линейные дискретные модели: основные понятия дискретных СУ. Классификация дискретных СУ. Классификация дискретных систем. Математические модели дискретных систем. Амплитудный импульсный элемент. Формирователь. Решетчатая функция. Конечно-разностные управления. Дискретное преобразование Лапласа. z – преобразование. Передаточные функции дискретных систем. Частотные характеристики.	4			10
21	Анализ и синтез дискретных систем. Понятие устойчивости дискретных систем по Ляпунову. Аналоги критериев Устойчивости Найквиста. Михайлова.	2			8
22	Цифровые автоматические системы. Структура цифровых систем. Передаточные функции ЦАС. Передаточные функции ЦВМ, реализующей алгоритмы линейных законов управления: пропорционального, интегрального, ПИД - закона и т.п. Методы синтеза.	2	2	2	16
23	Анализ качества цифровых автоматических систем. Источники ошибок. Эффекты квантования. Методы построения переходной характеристики цифровых систем.	1			6
6. Оптимальные системы АУ					
24	Понятие об адаптивных системах. Постановка задачи адаптивного управления. Параметрически адаптивные системы управления. Прямой алгоритм адаптивного управления. Структура адаптивных систем. Методы адаптивного управления.	1			8
25	Системы экстремального регулирования. Понятие экстремального управления. Методы нахождения экстремума однопараметрических объектов. Экстремальные системы, реагирующие на знак или величину производной. Системы с запоминанием экстремума. Экстремальные системы со вспомогательной модуляцией. Алгоритмы систем экстремального управления (переходные процессы и периодические движения).	2			8
	ВСЕГО	51	17	17	151

		85	51	51	243
--	--	-----------	-----------	-----------	------------

Примечание: в колонку «самостоятельная работа» входят подготовка к лекционным, практическим, лабораторным занятиям.

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Курс 3 Семестр №5

№ п/п	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов
1	Типовые структуры систем автоматического управления и методы их преобразования.	3
2	Критерий устойчивости Ляпунова, Гурвица	1
3	Критерий устойчивости Михайлова	2
4	Критерий устойчивости Найквиста	2
5	Логарифмический критерий устойчивости	1
6	Методы анализа качества линейных систем	2
7	Корректирующие устройства и методы их синтеза	6

Курс 3 Семестр №6

№ п/п	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов
1	Второй метод Ляпунова, метод Попова	2
2	Построение фазовых портретов свободного движения линейных объектов 2-го порядка 2-го порядка	2
3	Анализ релейных систем автоматического управления методом фазовой плоскости, скользящие режимы	3
4	Гармоническая линеаризация типовых нелинейных характеристик	2
5	Анализ автоколебательных процессов в релейных системах автоматического управления методом гармонического баланса	2
6	Вариационные методы оптимизации. Принцип максимума Понтрягина.	4
7	Анализ качества цифровых систем и синтез цифровых законов управления.	2

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 5, 6				
1	Математические модели систем и сигналов, линейные непрерывные модели, модели «вход-выход», модели «вход-состояние-выход». Структурные схемы систем и методы их преобразования.	Математические модели и структурные преобразования.	3	
2	Анализ основных свойств линейных систем управления. Устойчивость линейных автоматических систем.	Устойчивость линейных динамических систем. Экспериментальная оценка устойчивости системы при охвате ее единичной отрицательной обратной связью. Наблюдение свободного движения замкнутой системы при ненулевых начальных условиях. Определение критического коэффициента усиления разомкнутой системы: по частотным характеристикам, по свободному движению замкнутой системы, теоретически (с помощью критериев устойчивости). Экспериментальное определение запаса устойчивости по фазе и амплитуде.	6	
3	Качество переходных процессов в линейных системах управления. Методы анализа качества линейных автоматических систем	Повышение точности систем автоматического управления в установившемся режиме. Анализ влияния коэффициента усиления разомкнутой системы на величину статической и динамической ошибки. Подтверждение результатов анализа теоретическими	2	

		рассуждениями. Проанализировать состояние системы при введении неединичной отрицательной обратной связи. Анализ статической ошибки системы и влияние коэффициента усиления усилительного звена на характер переходного процесса, обоснование результатов эксперимента теоретически.		
4	Качество переходных процессов в линейных системах управления. Методы анализа качества линейных автоматических систем Задачи и методы синтеза линейных автоматических систем	Анализ качества линейных систем автоматического управления. Статические и астатические системы. Наблюдение характера свободного движения системы при ненулевом начальном условии с одновременным анализом значения интеграла. Определение для исследуемой системы зависимости оптимального коэффициента усиления. Экспериментально подтвердить теоретический результат.	2	
5	Качество переходных процессов в линейных системах управления. Методы анализа качества линейных автоматических систем Задачи и методы синтеза линейных автоматических систем	Системы автоматического управления с ПИД-регулятором. Исследовать временные и частотные характеристики ПИД-регулятора. Реализовать на АВК модель объекта управления и исследовать его временные и частотные характеристики по передаточной функции. Определение значения критерия качества переходного процесса. Методом пошагового спуска определить оптимальные параметры настроек ПИД-регулятора при ограничении на корневой показатель абсолютного затухания и на корневой показатель колебательности.	4	
6	Нелинейные модели систем управления и их свойства Анализ равновесных режимов. Косвенные методы оценки устойчивости нелинейных систем (точные методы исследования). Первый и второй методы Ляпунова частотный метод исследования абсолютной устойчивости.	Типовые нелинейности систем автоматического управления. Изучение назначения органов настройки нелинейной зависимости. Исследование статической характеристики последовательного соединения нелинейного элемента и усилительного звена. Анализ характеристики при охвате обратной связью последовательного соединения усилительного звена и нелинейного элемента с коэффициентом передачи.	3	
7	Анализ поведения системы управления на фазовой плоскости. Прямые методы оценки устойчивости и качества нелинейных систем (точные методы исследования).	Анализ движения управляемых объектов методом фазовой плоскости Практическое получение уравнения состояния объекта и уравнения изоклин. Выбор коэффициента при различных случаях расположения корней характеристического уравнения на комплексной плоскости. Получение фазового портрета при свободном и вынужденном движении объекта.	2	
8	Анализ поведения системы управления на фазовой плоскости. Прямые методы оценки устойчивости и качества нелинейных систем (точные методы исследования).	Исследование релейных систем автоматического управления методом фазовой плоскости. Реализация модели релейной системы. Исследование свободного движения системы при различных типах реле. Введение коррекции по скорости и исследование влияния коэффициента обратной связи по скорости на динамику системы при различных типах реле.	2	
9	Структурные способы улучшения качества управления.	Системы автоматического управления с переменной структурой. Реализация нелинейной характеристики при	2	

		использовании нелинейного блока.		
10	Исследование периодических режимов методом гармонического баланса. Гармоническая линеаризация нелинейных систем (приближенные методы исследования периодических режимов с нелинейных системах).	Структурный анализ периодических сигналов. Гармоническая линеаризация. Исследование спектрального состава прямоугольного сигнала генератора АВК. Изучение гармонической линеаризации. Построение графиков зависимости коэффициента гармонической линеаризации нелинейностей от амплитуды входного сигнала.	4	
11	Исследование периодических режимов методом гармонического баланса. Гармоническая линеаризация нелинейных систем (приближенные методы исследования периодических режимов с нелинейных системах).	Исследование нелинейных систем методом гармонического баланса. Исследование теоретически возможности возникновения автоколебаний. Вычисление амплитуды автоколебаний и анализ их устойчивости.	2	
12	Цифровые автоматические системы.	Исследование цифровых систем реализация и исследование цифровых законов управления.	2	
ИТОГО:			19	
ВСЕГО:			19	

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Что является предметом изучения теории автоматического управления? 2. Перечислите проблемы, решаемые теорией управления. 3. В чем состоят задачи анализа и синтеза систем? 4. Какие воздействия действуют на объекты и системы управления? Дайте определение этим воздействиям.
2	2	<ol style="list-style-type: none"> 5. Из каких соображений выбираются классификационные признаки автоматических систем управления? 6. Приведите классификационные признаки при классификации динамических систем автоматического управления? 7. Дайте определение статическим и астатическим системам. 8. Проиллюстрируйте свойства статических и астатических систем на примере. 9. Какие бывают виды самонастраивающихся систем?
3	3	<ol style="list-style-type: none"> 10. Проиллюстрируйте на примере реализацию автоматического управления различными объектами.
4	4	<ol style="list-style-type: none"> 11. Дайте определение функциональной схемы системы автоматического управления. 12. Перечислите функционально-необходимые элементы автоматических систем. 13. Перечислите виды обратных связей. 14. Перечислите принципы построения автоматических систем и укажите особенности в их реализации. 15. Дайте определение закона управления. 16. Перечислите основные виды линейных законов управления и приведите их математические модели. 17. Проведите сравнительную характеристику линейных законов

		управления. 18. Какие виды нелинейных законов управления вы знаете?
5	5	19. Что такое математическая модель объекта или системы управления? 20. Какие вы знаете формы представления математических моделей систем? 21. Что такое уравнение движения системы? 22. Дайте определение статической характеристики системы. 23. Перечислите этапы составления уравнения движения системы. 24. В чем состоит линеаризация нелинейностей? 25. Чем отличается классическая модель непрерывной системы от дискретной? 26. Как получить операторную форму модели системы? 27. Приведите математические модели систем в форме Коши и форме пространства состояний. 28. Укажите основные свойства преобразования Лапласа, используемые при получении передаточной функции. 29. Дайте определение передаточной функции. 30. Дайте определение временных характеристик системы. 31. Перечислите параметры переходной характеристики системы, определяющие ее динамические свойства. 32. Что такое фундаментальная матрица системы? 33. Какие виды частотных динамических характеристик системы вы знаете? 34. Дайте определение основным видам частотных характеристик системы. 35. Изложите методику получения основных частотных характеристик. Что такое элементарное динамическое звено? 36. Перечислите виды элементарных динамических звеньев. 37. Запишите передаточные функции элементарных динамических звеньев. 38. Приведите комплексные частотные характеристики звеньев фазоотстающего типа. 39. Приведите комплексные частотные характеристики звеньев фазопережающего типа. 40. Чем отличаются амплитудные частотные характеристики фазопережающих и фазоотстающих звеньев? 41. Как получить переходную и весовую характеристики звеньев? 42. Как получить логарифмические характеристики звеньев?
6	6	43. Что собой представляет структурная модель системы? 44. Перечислите основные свойства преобразования структурных схем систем. 45. Какой математический аппарат применяется для описания цифровой модели системы. 46. Какие виды передаточных функций замкнутых систем вы знаете? 47. Приведите выражения для различных видов передаточных функций замкнутых систем через передаточные функции разомкнутых систем. 48. Как получить выходной сигнал и ошибку через передаточные функции систем по известным входным сигналам? 49. Чем отличаются передаточные функции статических астатических систем? 50. Как влияет на величину ошибки системы степень ее астатизма и порядок полинома входного воздействия?
7	7	51. Дайте определение понятия устойчивости системы. 52. Что определяет свободное движение системы в её математической модели? 53. Сформулируйте критерий устойчивости линейных систем по Ляпунову. 54. Сформулируйте необходимые и достаточные условия устойчивости систем по Гурвицу. 55. Сформулируйте правило построения определителя Гурвица.

		<p>56. Дайте определение критического коэффициента усиления.</p> <p>57. Как определить критический коэффициент усиления по Гурвицу?</p> <p>58. На чем основана связь между критерием Ляпунова и критерием Михайлова?</p> <p>59. Покажите связь между величиной приращения аргумента вектора, соответствующего характеристическому полиному системы, и количеством квадрантов, через которые проходит годограф Михайлова.</p> <p>60. Дайте определение устойчивости систем по критерию Михайлова.</p> <p>61. Как можно оценить запас устойчивости системы по критерию Михайлова?</p> <p>62. В чем состоит следствие из критерия Михайлова?</p> <p>63. Как найти критический коэффициент усиления системы по критерию Михайлова?</p> <p>64. С помощью какой частотной характеристики судят об устойчивости системы по критерию Найквиста?</p> <p>65. Сформулируйте критерий Найквиста для случая, когда разомкнутая система устойчива.</p> <p>66. Как определить запасы устойчивости по амплитуде и фазе по критерию Найквиста?</p> <p>67. Сформулируйте критерий Найквиста для случая, когда разомкнутая система неустойчива.</p> <p>68. Проиллюстрируйте связь между критерием Найквиста и логарифмическим критерием устойчивости.</p> <p>69. Дайте определение устойчивости замкнутой системы по логарифмическому критерию устойчивости для случаев устойчивой и неустойчивой разомкнутой системы.</p> <p>70. Как определить запасы устойчивости системы по логарифмическому критерию?</p> <p>71. В чем особенности оценки устойчивости систем с запаздыванием по критерию Найквиста?</p> <p>72. Что такое критическое время запаздывания и как оно определяется?</p> <p>73. Чем определяется необходимость выделения области устойчивости в пространстве параметров системы?</p> <p>74. Какая связь между плоскостью корней и D-разбиением в плоскости одного параметра?</p> <p>75. Сформулируйте правило штриховки кривой D-разбиения в плоскости одного параметра.</p> <p>76. Как определяется область устойчивости при D-разбиении в плоскости одного параметра?</p> <p>77. Изложите методику получения кривой D-разбиения в плоскости двух параметров.</p> <p>78. Сформулируйте правило штриховки кривой D-разбиения и особых прямых.</p> <p>79. Проиллюстрируйте изменение положения корней в плоскости корней при переходе из одной области плоскости D-разбиения в другую.</p>
8	9	<p>80. Какими показателями характеризуется качество системы?</p> <p>81. Назовите точные и приближенные методы оценки качества систем.</p> <p>82. Какие вы знаете методы получения переходной характеристики?</p> <p>83. Дайте определение основных показателей качества по переходной характеристике.</p> <p>84. Приведите выражение, связывающее вещественную частотную характеристику замкнутой системы и ее переходную функцию.</p> <p>85. Какими значениями ВЧХ определяются начало и конец переходной характеристики?</p> <p>86. На что указывают разрывы непрерывностей и пики ВЧХ?</p> <p>87. Как влияет «ширина» ВЧХ на длительность переходной характеристики?</p>

		<p>88. Как определить статизм или астатизм системы по ВЧХ?</p> <p>89. Чему равна статическая ошибка системы?</p> <p>90. Чем отличается метод структурного моделирования от метода понижения порядка производной?</p> <p>91. Перечислите основные этапы моделирования методом понижения порядка производной.</p> <p>92. Что такое машинное устройство?</p> <p>93. Как выбираются масштабные коэффициенты?</p> <p>94. Каким образом осуществляется анализ качества методом электронного моделирования?</p> <p>95. В чем состоит методика перехода от модели в форме передаточных функций к модели в форме пространства состояния?</p> <p>96. Как составляется уравнение состояния по структурной модели системы?</p> <p>97. Как составляется уравнение выхода по структурной модели системы?</p> <p>98. Дайте определение корневого годографа системы.</p> <p>99. Запишите уравнения модулей и фаз.</p> <p>100. Чем определяется начало и конец корневого годографа?</p> <p>101. Как определить участки вещественной оси, принадлежащие корневому годографу?</p> <p>102. Обоснуйте свойства непрерывности и симметрии корневого годографа.</p> <p>103. В чем состоят асимптотические свойства корневого годографа?</p> <p>104. Как определить положение асимптот?</p> <p>105. Как найти точки выхода (входа) корневого годографа с вещественной оси плоскости корней?</p> <p>106. Как определить угол выхода корневого годографа из комплексно-сопряженного полюса?</p> <p>107. Изложите методику оценки качества систем по корневому годографу.</p> <p>108. Какие вы знаете интегральные оценки качества?</p> <p>109. Дайте сравнительную характеристику интегральных оценок качества.</p> <p>110. В чем состоит задача параметрического синтеза системы на основе интегральных оценок?</p>
9	10	<p>111. Объясните содержание задачи стабилизации системы.</p> <p>112. В чем состоит смысл задачи демпфирования системы?</p> <p>113. Укажите возможные пути повышения точности систем в переходном и установившемся режимах.</p> <p>114. Как осуществляется демпфирование системы путем внесения отрицательных фазовых сдвигов?</p> <p>115. Проиллюстрируйте эффект демпфирования системы за счет внесения положительных фазовых сдвигов.</p> <p>116. Изложите общую методику синтеза последовательных корректирующих устройств методом логарифмических частотных характеристик.</p> <p>117. Как определяется коэффициент преобразования систем статического и астатического классов?</p> <p>118. Как определяется частота среза желаемой ЛАЧХ?</p> <p>119. Объясните влияние изменения частоты среза системы на ее быстродействие.</p> <p>120. Как выбирается наклон среднечастотной асимптоты желаемой ЛАЧХ?</p> <p>121. Какие существуют ограничения на изломы среднечастотного участка желаемой ЛАЧХ?</p> <p>122. Как определить ЛАЧХ корректирующего устройства?</p> <p>123. Изложите методику синтеза регулятора фазопережающего типа методом корневого годографа.</p> <p>124. Как определяется положение нуля и полюса регулятора фазопережающего типа на плоскости корней?</p> <p>125. Как по корневому годографу находится значение коэффициента усиления системы, соответствующее</p>

		<p>заданному положению доминирующих корней?</p> <p>126. Изложите методику синтеза регулятора фазоотстающего типа методом корневого годографа.</p>
10	11	<p>127. Какие системы относятся к классу нелинейных систем?</p> <p>128. Перечислите особенности нелинейных систем.</p> <p>129. В чем проявляется нарушение принципа коммутативности и свойства суперпозиции в нелинейных системах?</p> <p>130. Проиллюстрируйте зависимость формы выходного сигнала нелинейной системы от начальных условий и уровня входного сигнала.</p> <p>131. Какие формы устойчивости присущи нелинейным системам?</p> <p>132. Дайте классификацию нелинейностей по различным классификационным признакам.</p> <p>133. Приведите типовые статические характеристики нелинейных элементов.</p> <p>134. Как осуществляется аналитическое описание типовых нелинейностей?</p> <p>135. Как осуществляется эквивалентное преобразование структурных схем нелинейных систем?</p>
11	12	<p>136. Дайте определение устойчивости динамической системы по Ляпунову.</p> <p>137. Какие Вы знаете функции Ляпунова и какими свойствами они обладают?</p> <p>138. Сформулируйте теоремы Ляпунова об устойчивости движения нелинейных систем.</p> <p>139. Что такое абсолютная устойчивость нелинейных систем?</p> <p>140. Какие ограничения имеют место при применении критерия В.М. Попова?</p> <p>141. Сформулируйте критерий Попова для случая нелинейности класса $(0, k_m)$.</p>
12	13	<p>142. Каким образом задается фазовое пространство?</p> <p>143. Что такое фазовая траектория и фазовый портрет?</p> <p>144. Как получить уравнение фазовой траектории?</p> <p>145. Что такое изоклина?</p> <p>146. Как определить направление движения изображающей точки на фазовой траектории?</p> <p>147. Что такое особые точки фазовой плоскости?</p> <p>148. Какие виды особых точек Вы знаете и какие фазовые траектории им присущи?</p> <p>149. Как определить тип особой точки при задании движения системы в форме Коши?</p> <p>150. Какие характерные особенности на фазовой плоскости присущи нелинейным системам?</p> <p>151. Что такое линии переключения?</p> <p>152. Что такое предельный цикл?</p> <p>153. В чем состоит метод припасовывания?</p>
13	14	<p>154. Как организуется скользящий режим в нелинейной системе и в чем его особенность?</p> <p>155. Перечислите способы организации систем с переменной структурой.</p>
14	15	<p>156. Какие должны выполняться гипотезы в случае применения метода гармонической линеаризации?</p> <p>157. В чем принципиальное отличие гармонической линеаризации от линеаризации разложением в ряд Тейлора?</p> <p>158. Как определяются коэффициенты гармонической линеаризации?</p> <p>159. Что представляет собой комплексный коэффициент передачи нелинейной системы?</p> <p>160. Какова методика определения коэффициентов гармонической линеаризации типовых нелинейностей?</p> <p>161. Чему соответствует в частотной области отставание по положению, вносимое нелинейным элементом из-за наличия гистерезиса (неоднозначности)?</p>

		<p>162. Как определяются параметры автоколебаний нелинейных систем методом Гольдфарба?</p> <p>163. Каким образом оценивается устойчивость автоколебаний?</p> <p>164. Какие режимы движения исследуются методом гармонической линеаризации?</p> <p>165. Какой вид имеет уравнение движения гармонически линеаризованной системы в общем случае?</p> <p>166. Запишите характеристическое уравнение гармонически линеаризованной системы.</p> <p>167. Какой характер имеют доминирующие корни характеристического уравнения гармонически линеаризованной системы в случае колебательного движения нелинейной системы?</p> <p>168. Изложите методику определения параметров автоколебаний нелинейной системы алгебраическим методом.</p> <p>169. Как решается задача выбора параметров системы при применении алгебраического метода анализа колебательного движения?</p> <p>170. Что представляют собой диаграммы качества нелинейной системы и какова методика их применения при оценке устойчивости автоколебаний?</p> <p>171. Изложите методику анализа симметричных одночастотных вынужденных колебаний.</p> <p>172. Как определяются параметры одночастотных вынужденных колебаний?</p> <p>173. Что такое режим захватывания и как определяются условия захватывания?</p>
15	16	<p>174. Что такое псевдолинейные корректирующие устройства?</p> <p>175. Приведите виды желаемых корректирующих устройств.</p> <p>176. Изобразите структурную схему псевдолинейного корректирующего устройства с ослаблением амплитуды без изменения фазы.</p> <p>177. Как выглядят частотные характеристики (ЛАЧХ, ЛФЧХ, КЧХ) псевдолинейного корректирующего устройства с подавлением амплитуды?</p> <p>178. Приведите структурную схему псевдолинейного корректирующего устройства с фазовым опережением.</p> <p>179. Начертите графики ЛАЧХ, ЛФЧХ и КЧХ псевдолинейного корректирующего устройства с фазовым опережением.</p>
16	17	<p>180. Что такое оптимальное управление?</p> <p>181. Какие системы называются оптимальными?</p> <p>182. Что такое функция цели, или критерий оптимальности?</p> <p>183. Запишите формы критерием оптимальности для систем оптимальных по быстродействию, расходу ресурсов, затратам энергии на управление.</p> <p>184. Какие виды ограничения на координаты состояния существуют в реальных системах управления и чем они вызываются?</p> <p>185. Какие ограничения имеют место на управляющее воздействие?</p> <p>186. В чем состоит геометрическая интерпретация задачи оптимального управления?</p>
17	18	<p>187. Какие критерии оптимизации используются в задачах Лагранжа, Майера и Больца?</p> <p>188. К решению какого вида уравнения сводится решение простейшей вариационной задачи?</p> <p>189. В чем состоит условие трансверсальности?</p> <p>190. В чем состоит методика решения задачи синтеза системы как задачи на условный экстремум?</p> <p>191. Сформулируйте теорему об оптимальном управлении Понтрягина.</p> <p>192. Изложите методику решения задачи оптимизации на основе принципа максимума.</p>
18	19	<p>193. Дайте геометрическую интерпретацию принципа максимума.</p>

		<p>194. Проиллюстрируйте применение принципа максимума для синтеза оптимального управления объектов второго порядка.</p> <p>195. Изложите содержание теоремы об n-интервалах.</p> <p>196. В чем состоит принцип оптимальности Беллмана?</p> <p>197. Запишите функциональное уравнение Беллмана.</p>
19	20	<p>198. Какие системы называются дискретными?</p> <p>199. Дайте классификацию дискретных систем. Какие способы квантования и модуляции применяются в дискретных системах различного класса?</p> <p>200. Какой вид квантования применяется в цифровых системах?</p> <p>201. Какими преимуществами обладают цифровые системы?</p> <p>202. Приведите типовые структуры цифровых систем управления?</p> <p>203. Что такое интерфейс?</p> <p>204. Что собой представляет идеальный импульсный элемент и формирователь?</p> <p>205. Приведите математическую запись дискретного преобразователя Лапласа и Z-преобразования. Какая между ними связь?</p> <p>206. Приведите математическую модель формирователя.</p> <p>207. Какие существуют способы получения Z-передаточной функции по передаточной функции приведенной непрерывной части системы?</p> <p>208. Что такое решетчатая функция?</p> <p>209. Что такое смещение и сдвиг решетчатой функции?</p> <p>210. Дайте определение комплексной частотной характеристики дискретной системы.</p> <p>211. Изложите методику получения КЧХ дискретной системы по весовой характеристике приведенной непрерывной части.</p> <p>212. Изложите методику построения КЧХ дискретной системы по КЧХ приведенной непрерывной части.</p> <p>213. Какими особенностями обладает передаточная функция дискретной системы?</p>
20	21	<p>214. К чему приводит периодичность передаточной функции дискретной системы при рассмотрении устойчивости по Ляпунову?</p> <p>215. Сформулируйте критерий устойчивости Ляпунова для дискретных систем.</p> <p>216. Изложите методику оценки устойчивости дискретной системы по критерию Гурвица.</p> <p>217. Сформулируйте аналоги критерия устойчивости Найквиста для различных случаев устойчивости разомкнутой системы.</p> <p>218. Чем отличается аналоги критерия устойчивости Михайлова для дискретных систем по сравнению с непрерывными?</p>
21	22	<p>219. Какие существуют методы оценки качества дискретных систем?</p> <p>220. Что такое корректирующий алгоритм цифровой системы управления?</p> <p>221. Какие корректирующие алгоритмы наиболее употребимы в цифровых системах?</p> <p>222. Приведите примеры цифровых корректирующих алгоритмов и их структурную реализацию.</p>
22	23	<p>223. Приведите классификацию адаптивных систем.</p> <p>224. В чем отличие структуры адаптивных систем от обыкновенных?</p>
23	24	<p>225. Какие системы называются экстремальными самонастраивающимися?</p> <p>226. Какие вы знаете методы нахождения экстремума?</p> <p>227. Дайте классификацию экстремальных систем управления?</p> <p>228. Какие существуют методы исследования динамики экстремальных систем?</p>

5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем

Примерный перечень тем курсовых проектов:

1. Система регулирования скорости вращения двигателя постоянного тока.
2. Система стабилизации напряжения генератора постоянного тока.
3. Система стабилизации температуры печи.
4. Релейная следящая система.
5. Система стабилизации температуры релейного класса.
6. Система экстремального регулирования непрерывного класса.
7. Система экстремального регулирования шагового типа.
8. Оптимальная система управления транспортным роботом.

Целью выполнения курсового проекта является получение навыков проектирования систем автоматического управления различных объектов и закрепление теоретических знаний, полученных при изучении лекции и на практических занятиях при решении задач.

Для данного объекта управления строится математическая модель, разрабатывается структура системы управления, осуществляется статический расчет и исследуется динамика синтезированной системы. Задание охватывает линейные, нелинейные, дискретные, оптимальные классы систем.

При этом следует иметь в виду, что каждая из тем курсового проекта предполагает различные варианты в подходе и реализации принципиальной схемы системы, что оговаривается в задании. Кроме того, для заданного способа реализации принципиальной схемы системы предусматривается множества вариантов, ограничивающих свойства объекта управления, что в комплексе делает задание исключительно индивидуальным.

Краткое содержание и объем курсовой работы

Расчетно-пояснительная записка к курсовой работе объемом 25–30 страниц машинописного текста, выполненного с соблюдением требований ЕСКД как к текстовой части, так и к графическому исполнению. Она должна включать следующие разделы:

1. Введение (отражается актуальность построения и применения систем данного класса и назначения).
2. Разработка функциональной схемы и выбор функционально-необходимых элементов (осуществляется анализ существующих схемных решений, предложение по выбору рационального решения, с обоснованием такого выбора, статический расчет элементов и выбор этих элементов из существующей номенклатуры с обоснованием).
3. Разработка структурной схемы системы (построение математических моделей объекта управления и всех функционально-необходимых элементов с выводом уравнений движения и получением передаточных функций, определение передаточных функций разомкнутой и замкнутой систем).
4. Анализ динамики системы (построение частотных характеристик, используемых для оценки устойчивости по заданному методу, проверка

на соответствие требованиям по качеству, предложения по синтезу законов управления).

5. Синтез структуры системы, удовлетворяющей требуемым параметрам качества или критерию оптимальности (выбор и обоснование метода синтеза, синтез и оценка качества синтезированной системы со сравнением с заданием).
6. Выводы.
7. Список литературы (в соответствии с требованиями ЕСКД).
8. Оглавление.

5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий

Выполнение индивидуальных домашних заданий и расчетно-графических заданий не предусмотрено учебным планом дисциплины.

5.4. Перечень контрольных работ

Выполнение контрольных работ не предусмотрено учебным планом дисциплины.

6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

6.1. Перечень основной литературы

1. Бесекерский, В.А. «Теория систем автоматического управления»/ В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. – 4-е изд., перераб. и доп.. – СПб.: Профессия, 2003. – 747 с.. – (Специалист)
2. Рубанов В.Г. Теория линейных систем автоматического управления, учебное пособие. Белгород, изд-во БГТУ, 2015. – 207с.
3. Рубанов В.Г. Теория нелинейных систем автоматического управления, учебное пособие. Белгород, изд-во БГТУ, 2015. – 226с.
4. Рубанов В.Г. Теория автоматического управления (математические модели, анализ и синтез линейных систем): учебное пособие : часть 1, Белгород, Изд-во БГТУ, 2005. – 199с.
5. Рубанов В.Г. Теория автоматического управления, учебное пособие: часть 2 (нелинейные, оптимальные и цифровые системы), Белгород, изд-во БГТУ, 2006. – 256с.
6. Рубанов В.Г. Математические модели элементов и систем автоматического управления, учебное пособие. Белгород, изд-во БГТУ, 2014. – 156с.
7. Ротач, В.Я . «Теория автоматического управления: учебник для студ. вузов/ В.Я. Ротач.- 2-е изд., перераб. и доп.. – М.: МЭИ, 2004. – 398 с.
8. «Теория автоматического управления: учебник для вузов»/ под ред. В. Б.

- Яковлева.- М.: Высшая школа, 2003. – 566 с.
9. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Теория автоматического управления»/ БТИСМ. – Белгород, 1990. – 58с.
 - 10.Филлипс, Ч. «Системы управления с обратной связью»: Пер. с англ./ Ч. Филлипс, Р. Харбор. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001. – 615 с. – (Технический университет)
 - 11.Методические указания к выполнению курсовой работы по курсу «Теория автоматического управления» / БГТУ. – Белгород, 2006. – 31с.

6.2. Перечень дополнительной литературы

1. Подлесный Н.И., Рубанов В.Г. «Элементы систем автоматического управления и контроля»- Высшая школа, 1991г. – 464с.
2. Рубанов В.Г., Филатов А.Г. «Интеллектуальные системы автоматического управления нечеткое управление в технических системах»: Учебное пособие: Белгород- Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005г. – 171с.
3. Методы классической и современной теории автоматического управления: в 5 т.: учебник/ под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова/- 2-е изд., перераб. и доп.. – МГТУ им. Н.Э. Баумана
Т.1: Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления. – 2004. – 654 с.
Т.2:Статистическая динамика и идентификация систем автоматического управления. – 2004. – 638 с.
Т.3: Синтез регуляторов систем автоматического управления. – 2004. – 614 с.
Т.4: Теория оптимизации систем автоматического управления. – 2004. – 741 с.
Т.5: Методы современной теории автоматического управления. – 2004.– 782 с.
4. «Современная прикладная теория управления»/под ред. А.А. Колесникова/- Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000
Ч1: Оптимизационный подход в теории управления. – 2000. – 400с.
Ч2: Синергетический подход в теории управления. – 2000. – 559с.
Ч3: Новые классы регуляторов технических систем. – 2000. – 656с.
5. Методические указания к лабораторным работам по автоматизированному проектированию систем управления.- Белгород БелГТАСМ, 1986.
6. «Проектирование следящих систем»/ под ред. Рабиновича Л.В./ - Изд-во «Машиностроение», Москва, 1969. – 499с.
7. «Современные методы проектирования систем автоматического управления»/ под общей редакцией Петрова Б.Н., Солодовникова В.В., Топчиева Ю.И./- Изд-во «Машиностроение», Москва, 1967. – 703с.
8. «Проектирование следящих систем. Основы проектирования следящих систем» /под ред. Лакоты Н.А./- Изд-во «Машиностроение», Москва, 1978. – 391с.

6.3. Перечень интернет ресурсов

1. Курс лекций. Теория автоматического управления:
<http://www.toehelp.ru/theory/tau/contents.html>

2. Клиначёв Н. В. Теория автоматического регулирования. Учебно-методический комплекс: <http://model.exponenta.ru/lectures/index.htm>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. АВК 6

2. АВК 31

3. ПЭВМ


4. Программные средства MATCAD, MATLAB

Лабораторные работы проводятся в специализированной лаборатории М231, оснащенной лабораторными установками, представляющими собой системы автоматического управления.

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений
Рабочая программа без изменений утверждена на 2016/2017 учебный год.
Протокол № 10 заседания кафедры от «16» 05 2016г.

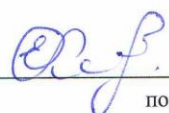
Заведующий кафедрой _____  _____ Рубанов В.Г.
подпись, ФИО

Директор института _____  _____ Белоусов А.В.
подпись, ФИО

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ


Утверждение рабочей программы без изменений
Рабочая программа без изменений утверждена на 2017/2018 учебный год.
Протокол № 11 заседания кафедры от «15» 05 2017г.

Заведующий кафедрой  Рубанов В.Г.
подпись, ФИО

Директор института  Белоусов А.В.
подпись, ФИО

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений
Рабочая программа без изменений утверждена на 2018/2019 учебный год.
Протокол № 13 заседания кафедры от «01» 06 2018г.

Заведующий кафедрой _____  _____ Рубанов В.Г.
подпись, ФИО

Директор института _____  _____ Белоусов А.В.
подпись, ФИО