

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



« 11 » 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)

Математические модели элементом и систем управления
(наименование дисциплины, модуля)

направление подготовки (специальность):

27.03.04 – Управление в технических системах
(шифр и наименование направления бакалавриата, магистра, специальности)

Направленность программы (профиль, специализация):

27.03.04-01 – Управление в технических системах (промышленность)
(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 27.03.04 Управление в технических системах (бакалавриат), приказ Минобрнауки России от 20 октября 2015 г. № 1171

▪ плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2015 году по направлению подготовки 27.03.04 Управление в технических системах (бакалавриат).

Составитель (составители): канд. техн. наук  (Е.М. Паращук)
(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)

« 11 » 12 2015 г.


Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 11 » 12 2015 г., протокол № 4

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

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 11 » 12 2015 г., протокол № 4

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	
Профессиональные			
1	ПК-2	Способность проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов и объектов автоматизации	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p>Знать: виды математических моделей объектов и элементов технических систем; основные динамические характеристики систем, способы их получения и анализа</p> <p>Уметь: составлять математические модели объектов управления и элементов технических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, устройства и средства</p> <p>Владеть: программными пакетами Matlab и Mathcad с целью проведения вычислительных экспериментов исследования математических моделей технических систем</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Алгебра и аналитическая геометрия
2	Математический анализ
3	Физика
4	Теоретическая механика
5	Основы автоматизации управляемых технических систем

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Теория автоматического управления
2	Робототехнические системы
3	Моделирование систем управления
4	Автоматизированный электропривод
5	Проектирование систем управления

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зач. единиц, 216 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины, час	216	216
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	85	85
лекции	34	34
лабораторные	17	17
практические	34	34
Самостоятельная работа студентов, в том числе:	131	131
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	36	36
Расчетно-графическое задания	-	-
Индивидуальное домашнее задание	-	-
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	95	95
Самостоятельная работа при подготовке к экзамену	36	36
Самостоятельная работа при подготовке к лабораторным занятиям	17	17
Самостоятельная работа при подготовке к практическим занятиям	25	25
Самостоятельная работа на 1 час лекций	17	17
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	экзамен	экзамен

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4.1 Наименование тем, их содержание и объем
Курс 2 Семестр 4

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1. Общие сведения о системах автоматического управления					
	История развития теории автоматического управления. Понятие об объекте управления, управляющем устройстве и видах воздействия. Примеры управляемых объектов и систем автоматического управления. Классификация систем автоматического управления. Понятие о классификационных признаках. Классификация систем управления по характеру внутренних динамических процессов и виду уравнений, описывающих динамические процессы. Принципы построения систем автоматического управления.	2	2		3
2. Виды математических моделей объектов и систем управления					
	Понятие о моделях систем автоматического управления. Виды моделей. Математические модели в области действительного переменного: уравнения движения, формы их представления (классическая, форма Коши, векторно-матричная). Модели систем в области комплексного переменного: а) преобразование Лапласа и его свойства, б) передаточная функция, в) векторно-матричная передаточная функция, г) частотная форма модели системы. Типовые входные воздействия. Переходная и импульсная переходная (весовая) временные характеристики систем и их показатели качества. Частотные характеристики систем объектов и систем управления	4	4		5
3. Элементарные динамические звенья и их характеристики					
	Временные и частотные динамические характеристики элементарных динамических звеньев, описываемых дифференциальными уравнениями не выше второго порядка (усилительное (безынерционное) звено; интегрирующее звено; идеальное дифференцирующее звено; форсирующее звено 1-го порядка; инерционное (апериодическое) звено; форсирующее звено 2-го порядка; колебательное звено; звено с запаздыванием)	10	4	11	19
4. Структурные схемы объектов и систем управления					
	Передаточные функции последовательного, параллельного и встречно-параллельного соединения элементов в системе. Правила преобразования	4	6	2	7

	структурных схем. Передаточные функции разомкнутых и замкнутых систем автоматического управления. Частотные характеристики последовательного и параллельного соединений звеньев. Векторно-матричные модели систем управления.				
5.	Математические модели объектов и элементов автоматики				
	Математические модели объектов управления, электромеханических элементов автоматики в классической форме и в форме передаточных функций и структурных схем.	6			3
6.	Математические модели нелинейных элементов систем				
	Общие свойства статических характеристик нелинейных элементов. Типовые статические характеристики нелинейных элементов.	2	8	4	11
7.	Понятие о конечно-разностных уравнениях и передаточных функциях дискретных систем				
	Конечно-разностные уравнения, z-преобразование. Передаточные функции дискретных систем. Цифровые модели динамических процессов. Цифровые модели элементарных динамических звеньев.	6	10		11
	ВСЕГО	34	34	17	59

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

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр №4				
1	Общие сведения о системах автоматического управления	Принципы построения систем автоматического управления. Функционально-необходимые элементы систем и функциональные схемы систем.	2	2
2	Виды математических моделей объектов и систем управления	Математические модели элементов и систем автоматического управления. Классификация моделей. Математический аппарат описания моделей.	4	3
3	Элементарные динамические звенья и их характеристики	Динамические характеристики элементов и систем. Способы их получения. Иллюстрация на примерах элементарных динамических звеньев.	4	3
4	Структурные схемы объектов и систем управления	Соединение элементарных динамических звеньев. Правила преобразования структурных схем. Правила построения частотных характеристик при различных соединениях звеньев.	6	3
5	Математические модели нелинейных элементов систем	Типовые нелинейные характеристики. Их математические модели.	2	2
6	Математические	Эквивалентный комплексный	6	4

	модели нелинейных элементов систем	коэффициент передачи нелинейного звена. Получение коэффициентов гармонической линеаризации для различных типов нелинейных статических характеристик.		
7	Понятие о конечно-разностных уравнениях и передаточных функциях дискретных систем	Математические модели дискретного элемента и цифровой системы управления. Методы получения решетчатых переходных функций по z-передаточной функции.	6	4
8	Понятие о конечно-разностных уравнениях и передаточных функциях дискретных систем	Построение комплексных частотных характеристик дискретной системы.	4	4
ИТОГО:			34	25
ВСЕГО:			34	25

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 4				
1	Элементарные динамические звенья и их характеристики	Изучение аналогового вычислительного комплекса АВК-6.	2	2
2	Элементарные динамические звенья и их характеристики	Исследование динамических характеристик элементарных звеньев первого порядка на АВК-6	2	2
3	Элементарные динамические звенья и их характеристики	Исследование динамических характеристик элементарных звеньев второго порядка на АВК-6	2	2
4	Элементарные динамические звенья и их характеристики	Изучение пакета прикладных программ Matlab и его приложения Simulink	2	2
5	Элементарные динамические звенья и их характеристики	Исследование статических и динамических режимов модели системы ШИП-ДПТ с использованием пакета прикладных программ Matlab и его приложения Simulink	3	3
6	Структурные схемы объектов и систем управления	Исследование статических и динамических режимов модели системы ШИП-ДПТ в замкнутой системе регулирования с использованием пакета прикладных программ Matlab и его приложения Simulink	2	2
7	Математические модели нелинейных элементов систем	Моделирование типовых нелинейностей на АВК-6 и с использованием пакета прикладных программ Matlab и его приложения Simulink	4	4
ИТОГО:			17	17
ВСЕГО:			17	17

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	Общие сведения о системах автоматического управления	<ol style="list-style-type: none"> 1. Перечислите задачи, решаемые в дисциплине «Математические модели элементов и систем управления». Разъясните их содержание. 2. Дайте определение объекта управления, управляющего устройства, возмущающего воздействия. 3. Перечислите признаки классификации систем управления. 4. Классификация систем по характеру внутренних динамических процессов и виду уравнений, описывающих динамические процессы. 5. Классификация систем по точности отработки входного ступенчатого воздействия. 6. Классификация систем по объему информации и характеру изменения требуемого значения регулируемых координат. 7. По какому принципу строится автоматическая система управления, и какие функциональные элементы необходимы для ее построения? 8. Какие виды обратных связей используются в системе управления? 9. Какая система называется системой автоматизированного управления. 10. Как называется частная задача управления, состоящая в отработке задающего воздействия без выбора характера этого воздействия? 11. Как называется система, задающее воздействие которой является произвольной функцией времени?
2	Виды математических моделей объектов и систем управления	<ol style="list-style-type: none"> 1. Что такое математическая модель объекта или системы управления? 2. Дайте определение адекватности математической модели реальной системе. 3. Какие формы математических моделей используются в теории автоматического управления? 4. Чем определяются выбор той или иной формы модели? 5. Приведите математические выражения, соответствующие различным формам модели. 6. Перечислите виды типовых входных воздействий. 7. Как называется типовое воздействие, имеющее изображение по Лапласу $1/s$? 8. Как называется реакция на типовое воздействие $1(t)$? 9. Как называется реакция на типовое воздействие $\delta(t)$? 10. Дайте определение передаточной функции. 11. Что является оригиналом передаточной функции? 12. Дайте определение структурной модели.

		<p>13. Какие динамические характеристики применяются для описания свойств систем или звеньев?</p> <p>14. Перечислите временные динамические характеристики систем управления, какими показателями качества они характеризуются?</p> <p>15. Что такое фундаментальная матрица?</p> <p>16. Дайте определение комплексной частотной системы.</p> <p>17. Дайте определение АЧХ $A(\omega)$.</p> <p>18. Дайте определение ФЧХ.</p> <p>19. Что такое амплитудно-частотная характеристика системы?</p> <p>20. Как определить по кривой КЧХ значение амплитуды и фазы характеристики выходного сигнала для конкретной частоты?</p> <p>21. Как определить полосу пропускания системы?</p> <p>22. Дайте определение фазочастотной характеристики.</p> <p>23. Как получить логарифмические частотные характеристики?</p> <p>24. Что называется декадой на ЛАЧХ?</p>
3	<p>Элементарные динамические звенья и их характеристики</p>	<p>1. Что такое элементарное динамическое звено?</p> <p>2. Перечислите виды элементарных звеньев и запишите их передаточные функции.</p> <p>3. Приведите временные и частотные характеристики звеньев фазоотстающего типа первого порядка.</p> <p>4. Приведите временные и частотные характеристики звеньев фазопережающего типа первого порядка.</p> <p>5. Изобразите частотные характеристики звеньев фазоотстающего типа второго порядка.</p> <p>6. Изобразите частотные характеристики звеньев фазопережающего типа второго порядка.</p> <p>7. Покажите отличия в переходных характеристиках для фазоотстающего звена второго порядка при различных типах корней характеристического уравнения.</p> <p>8. Как называется звено с передаточной функцией вида $W(s) = \frac{1}{2s + 1}$?</p> <p>9. Как называется звено с передаточной функцией вида $W(s) = \frac{1}{2s^2 + 1}$?</p> <p>10. Как называется звено, у которого скорость изменения выходной величины пропорциональна входной величине?</p> <p>11. Какое звено на всех частотах создает отставание выходного сигнала относительно входного по фазе на -90°?</p> <p>12. У какого звена, выходная величина в каждый момент времени пропорциональна входной величине?</p> <p>13. У какого звена реакция на скачок является экспоненциальной функцией времени?</p> <p>14. Как называется значение времени, отсекаемое на линии установившегося значения касательной к переходной характеристике инерционного звена, восстановленной из начала координат?</p> <p>15. Что представляет собой АФЧХ дифференцирующего звена?</p>

		<p>16. Что представляет собой АФЧХ интегрирующего звена?</p> <p>17. Как называется звено с комплексным коэффициентом передачи $W(j\omega) = -j \frac{k}{\omega}$?</p> <p>18. Как называется звено, ЛАЧХ которого представляет собой одиночную асимптоту с наклоном +20 дБ/дек?</p> <p>19. Как называется звено, ЛАЧХ которого представляет собой одиночную асимптоту с наклоном -20 дБ/дек?</p> <p>20. При каком условии звено $a_0 y'' + a_1 y' + y = kx$ является колебательным звеном?</p> <p>21. При каком условии звено $a_0 y'' + a_1 y' + y = kx$ является консервативным звеном?</p>
4	<p>Структурные схемы объектов и систем управления</p>	<p>1. Какие соединения звеньев называются последовательными?</p> <p>2. Какие соединения звеньев называются параллельными?</p> <p>3. Как определить передаточные функции последовательного и параллельного соединения звеньев?</p> <p>4. Изложите методику построения КЧХ параллельного соединения звеньев.</p> <p>5. Изложите методику построения КЧХ последовательного соединения звеньев.</p> <p>6. Изложите методику построения ЛАЧХ и ЛФЧХ последовательного соединения звеньев.</p> <p>7. Если входной и выходной гармонические сигналы линейной системы равны соответственно $x(t)=\sin(t+90^\circ)$ и $y(t)=2\sin(t-90^\circ)$, то чему равны значения АЧХ и ФЧХ?</p> <p>8. Если $\text{Re}(\omega) = -5$, а $\text{Im}(\omega) = 0$, то чему равны АЧХ и ФЧХ системы?</p> <p>9. Построить ЛАЧХ и ЛФЧХ системы с передаточной функцией $W(s) = \frac{10}{(s+1)(2s+1)(10s+1)}$.</p> <p>10. Чему равна частота среза ЛАЧХ системы с передаточной функцией $W(s) = \frac{1}{s+2}$?</p> <p>11. Чему равна частота сопряжения ЛАЧХ системы с передаточной функцией $W(s) = \frac{1}{s^2 + 2s}$?</p> <p>12. Чему равна эквивалентная передаточная функция соединения</p> <div data-bbox="772 1653 1353 1955" data-label="Diagram"> </div> <p>13. Дифференциальное уравнение системы имеет вид $x'' + 6x' + 3x = 5f' + 2f + 4g$. Здесь $f(t)$ - задающее воздействие, $g(t)$ - возмущающее воздействие. Каким</p>

		<p>выражением определяется передаточная функция системы по задающему воздействию $f(t)$?</p> <p>14. Имеем замкнутую систему с отрицательной единичной обратной связью. $W(p) = \frac{3(4p+1)}{3p^2+6p+1}$ - передаточная функция разомкнутой системы. Каким выражением определяется передаточная функция замкнутой системы по задающему воздействию $\Phi(p)$?</p> <p>15. Два звена образуют последовательное соединение. $A_1(\omega)$ и $\varphi_1(\omega)$ - амплитудная и фазовая частотные характеристики 1-го звена. $A_2(\omega)$ и $\varphi_2(\omega)$ - амплитудная и фазовая частотные характеристики 2-го звена. Какой зависимостью определяется АЧХ всего соединения?</p> <p>16. Передаточная функция линейной системы имеет вид $W(p) = \frac{10(0,2p+1)}{0,3p^2+1,1p+1}$. Из последовательного соединения каких элементарных звеньев состоит данная система?</p>
5	Математические модели объектов и элементов автоматики	<p>1. В чем состоит аналитический метод построения математической модели объекта или элемента системы?</p> <p>2. В чем состоит структурный подход к построению математических моделей объектов и элементов систем?</p> <p>3. Нарисуйте структурную схему двигателя постоянного тока независимого возбуждения.</p> <p>4. Выведите аналитически передаточную функцию бака с жидкостью.</p>
6	Математические модели нелинейных элементов систем	<p>1. Что такое линеаризация нелинейностей?</p> <p>2. Какие существуют типовые нелинейности и как они представляются в форме математических моделей?</p> <p>3. Какие условия должны соблюдаться при линеаризации путем разложения в ряд Тейлора?</p>
7	Понятие о конечно-разностных уравнениях и передаточных функциях дискретных систем	<p>1. Какой математический аппарат используется для описания дискретных систем?</p> <p>2. Как определяются конечные разности решетчатых функций?</p> <p>3. Какая связь между дискретным преобразованием Лапласа и z-преобразованием?</p> <p>4. Как получить z-передаточную функцию системы?</p> <p>5. По передаточной функции $W(s) = \frac{10}{(0,5s+1)(0,6s+1)}$ получить дискретную передаточную функцию $W(z)$.</p>

Для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины, а также для контроля самостоятельной работы обучающегося по отдельным разделам дисциплины разработаны тесты в программном пакете SunRav TestOfficePro- средство для контроля проверки знаний.

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

Курсовая работа имеет своей целью закрепить теоретические знания, полученные при изучении лекционного материала, и практические навыки, приобретенные в процессе выполнения лабораторных работ и решения задач на практических занятиях.

Курсовая работа выполняется на основе полученного студентами типового задания структуры с индивидуальным вариантом номенклатуры звеньев, входящих в структуру, и числовых значений параметров звеньев.

В курсовой работе предусматривается получение передаточных функций разомкнутой и замкнутой систем на основе передаточных функций элементарных динамических звеньев с учетом последовательного, параллельного и встречно-параллельного их соединения; построение частотных характеристик отдельных звеньев (КЧХ, АЧХ, ФЧХ, ЛАЧХ и ЛФЧХ) и соединения в целом (КЧХ, ЛАЧХ, ЛФЧХ); построение математической модели, соответствующей результирующей передаточной функции, и определение по ней модели соединения в форме пространства состояния.

Расчетно-пояснительная записка должна быть оформлена по требованиям ЕСКД и должна содержать изложение теоретических вопросов, основных математических выводов, расчетные данные, оформленные в таблицы и графики. Примерный объем 25 – 30 страниц машинописного текста. Библиография должна быть приведена в соответствии с требованиями ЕСКД.

На выполнение КР предусмотрено 36 часов самостоятельной работы студента.

Задание на курсовую работу

Задана обобщенная структурная схема (рис.1) и коэффициенты дифференциальных уравнений, описывающих элементы этой системы. Каждый элемент системы описывается в общем виде дифференциальным уравнением не выше второго порядка:

$$a_2 \frac{d^2 x(t)}{dt^2} + a_1 \frac{dx(t)}{dt} + a_0 x(t) = b_1 \frac{dg(t)}{dt} + b_0 g(t), \quad (1)$$

где $x(t)$ – выходная, $g(t)$ – входная величина элемента; $a_i, b_i (i=0,1,2)$ – постоянные коэффициенты.

Значение коэффициентов дифференциальных уравнений элементов 1, 2 и 3 системы выбираются из табл. 1 по предпоследней цифре шифра зачетной книжки, а коэффициенты уравнений элементов 4-7 из табл. 2 по последней цифре шифра зачетной книжки студента.

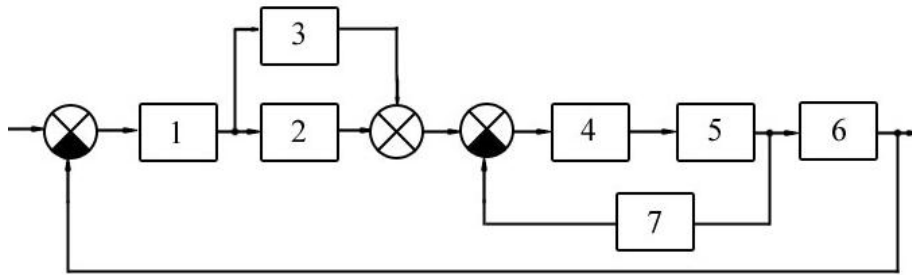


Рис. 1. Обобщенная структурная схема системы

Таблица 1

№ Пред-ья цифра зачетной книжки	1 элемент				2 элемент				3 элемент			
	$b_1=0$				$a_2=0$				$a_2=0$			
	a_2	a_1	a_0	b_0	a_1	a_0	b_1	b_0	a_1	a_0	b_1	b_0
0	0	0,05	1	5,5	2	1	0,4	0	2	1	0	1
1	0,16	4,08	2	10	0	1	0	2	0	1,5	1,5	0
2	0	0,066	2	15	0,25	1	0	1	0	0	0	0
3	0	0,028	1	4	0	1,5	0	2,25	1	0	0	1,5
4	0	0,075	3	12	6	2	0,4	2	0	0	0	0
5	0	0,022	1	6,5	1	1	0	1	1	1	0,2	0
6	0,05	2,52	1	2	0	1,5	3,0	0	0	0,5	0	4
7	0	0,054	3	7,5	0	0	0	0	0,25	2	0	2
8	0	0,016	1	3,5	2	0	0	6	0	1	0	1
9	0	0,03	2	10	0	0	0	0	1	1	1,16	1

Таблица 2

№ элемента	4 элемент		5 элемент				6 элемент			7 элемент		
	$b_1 = a_2 = a_1 = 0$		$b_1 = 0$				$b_1 = a_2 = 0$			$a_2 = a_1 = 0$		
Последняя цифра зачетной книжки	a_0	b_0	a_2	a_1	a_0	b_0	a_1	a_0	b_0	a_0	b_1	b_0
0	0,1	12	0,75	3	0	0,3	0	0,4	10	2	4	0
1	0,2	25	0	1,2	4	0,4	1	0	12	4	0	1,6
2	0,2	80	0	1	0	1	2	0	7	1	0	0,1
3	0,5	100	0,2	2	0	0,4	0	0,5	1	5	0,5	0
4	0,3	48	0	1	5	1,25	4	0	10	1	0	0,1
5	0,5	125	0	0,5	0	1	1	0	4,4	3	0	0,6
6	0,1	10	0,8	2	0	3	0	1	1	2	1,2	0
7	0,5	70	0	0,3	1	0,2	0,2	0	3	2	0	1
8	0,2	32	0	1	0	0,5	0,5	0	4	1	0	0,25
9	0,1	19	0,75	1,5	0	0,15	0	1	20	1	1	0

Требуется:

1. Записать дифференциальные уравнения элементов системы. Найти передаточные функции этих элементов и их структурную схему.
2. Получить структурно-динамическую схему системы. Определить передаточные функции разомкнутой и замкнутой системы.
3. Записать дифференциальное уравнение замкнутой системы.
4. Построить комплексные частотные характеристики элементарных звеньев, входящих в систему.
5. Построить амплитудные и фазовые частотные характеристики звеньев.
6. Построить КЧХ разомкнутой системы.
7. Построить ЛАЧХ и ЛФЧХ разомкнутой системы.
8. Найти частоту среза.
9. Построить модель соединения по его разомкнутой передаточной функции $W(s)$, соответствующую векторно-матричному представлению соединения.
10. Найти матрицы состояния, управления, измерения и переходов (A,B,C,D) и записать уравнения состояния и выхода.

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. *Рубанов, В. Г.* Теория линейных систем автоматического управления [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Г. Рубанов ; БГТУ им. В. Г. Шухова. – Электрон. текстовые дан. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2015. – Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2015092312173558600000659472>
2. *Зубов, В. И.* Лекции по теории управления: учебное пособие / В. И. Зубов. - 2-е изд., испр. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2009. - 495 с. - (Классическая учебная литература по математике). - ISBN 978-5-8114-0985-3
3. *Первозванский, А. А.* Курс теории автоматического управления : учеб. пособие / А. А. Первозванский. - 2-е изд., стер. - М.; СПб.; Краснодар: Лань, 2010.

- 615 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-0995-2

4. *Рубанов, В. Г.* Теория автоматического управления (математические модели, анализ и синтез линейных систем): учебное пособие для студ. вузов. Ч. I / В. Г. Рубанов; БГТУ им. В.Г. Шухова. - Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2009. - 198 с.

5. *Коновалов, Б. И.* Теория автоматического управления : учеб. пособие / Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. - 3-е изд., доп. и перераб. - Санкт-Петербург : Лань, 2010. - 219 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1034-7

6. *Рубанов, В. Г.* Математические модели элементов и систем автоматического управления [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Г. Рубанов; БГТУ им. В. Г. Шухова. - Электрон. текстовые дан. - Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2013. - Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2014082812561127900000655899>

7. *Первозванский, А. А.* Курс теории автоматического управления [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. А. Первозванский. - Москва: Лань", 2015. - 624 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-0995-2. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=68460

8. *Ощепков, А. Ю.* Система автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Ю. Ощепков. - Москва: Лань, 2013. - 208 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1471-0. Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=68463

6.2. Перечень дополнительной 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.

2. Подлесный, Н.И. Элементы систем автоматического управления и контроля / Н.И. Подлесный, В.Г. Рубанов. - К.: Выща школа, 1975. - 272 с.

3. Подлесный, Н.И. Элементы систем автоматического управления и контроля / Н.И. Подлесный, В.Г. Рубанов. - Киев.: Выща школа, 1982. - 477 с.

4. Подлесный, Н.И. Элементы систем автоматического управления и контроля / Н.И. Подлесный, В.Г. Рубанов. - М.: Высшая школа, 1991. - 464 с.

5. Леонов, Г. А. Теория управления: курс лекций / Г. А. Леонов. - СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2006. - 233 с.

6. Вострикова, А. С. Теория автоматического регулирования: учеб. пособие / А. С. Вострикова, Г. А. Французова. - 2-е изд., стер. - М.: Высш. шк., 2006. - 365 с.

7. Корнеев, Н. В. Теория автоматического управления с практикумом : учеб. пособие / Н. В. Корнеев, Ю. С. Кустарев, Ю. Я. Морговский. – М.: Издательский центр "Академия", 2008. – 219 с.

8. Певзнер, Л. Д. Практикум по теории автоматического управления: учебное пособие / Л. Д. Певзнер. – М.: Высшая школа, 2006. – 590 с.

9. [Коновалов, Б. И.](#) Теория автоматического управления [Электронный ресурс] / Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. - Москва: Лань, 2010. - ISBN 978-5-8114-1034-7. Режим доступа:

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=538

10. Рубанов, В.Г. Теория автоматического управления (математические модели, анализ и синтез линейных систем): учебное пособие/ В.Г. Рубанов. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, Ч.1. – 2005. – 198 с.

11. Линейные и нелинейные системы автоматического управления: метод. указания к выполнению лаб. работ по дисциплине " Теория автомат. упр." для студентов направления бакалавриата 27.03.04 – Упр. в техн. системах, 15.03.04 – Автоматизация технол. процессов и пр-в, 15.03.06 – Мехатроника и робототехника / БГТУ им. В. Г. Шухова, каф. техн. кибернетики ; сост. В. Г. Рубанов, В. А. Порхало, Е. М. Паращук, И. А. Рыбин. – Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2014. – 31 с.

12. Линейные и нелинейные системы автоматического управления [Электронный ресурс] : метод. указания к выполнению лаб. работ по дисциплине " Теория автомат. упр." для студентов направления бакалавриата 27.03.04 – Упр. в техн. системах, 15.03.04 – Автоматизация технол. процессов и пр-в, 15.03.06 – Мехатроника и робототехника / БГТУ им. В. Г. Шухова, каф. техн. кибернетики ; сост.: В. Г. Рубанов, В. А. Порхало, Е. М. Паращук, И. А. Рыбин. – Электрон. текстовые дан. – Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2014. – Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2014121013214236300000657621>

13. Элементарные динамические звенья и их свойства: методические указания к выполнению курсовой работы по курсам «Математические основы теории управления» и «Математические модели элементов и систем» / В. Г. Рубанов, Е. М. Паращук. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2014. – 36 с.

14. Элементарные динамические звенья и их свойства [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению курсовой работы по курсам «Математические основы теории управления» и «Математические модели элементов и систем» / В. Г. Рубанов, Е. М. Паращук. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2014. – Режим доступа:

<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2014121012550082800000656772>

15. Филлипс, Ч. Системы управления с обратной связью / Ч. Филлипс, Р. Харбор; пер. с англ. Б. И. Копылов. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001. – 615 с.

16. Жабко, А. П. Сборник задач и упражнений по теории управления: стабилизация программных движений: учеб. пособие / А. П. Жабко, А. В. Прасолов, В. Л. Харитонов. – М.: Высш. шк., 2003. – 286 с.

17. Востриков, А. С. Теория автоматического регулирования: учебное пособие / А. С. Востриков, Г. А. Французова. – М.: Высш. шк., 2004. – 365 с.

18. Методы классической и современной теории автоматического управления : в 5 т. : учеб. / под ред. К. А. Пупкова, Н. Д. Егупова. - М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана. Т. 1: Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления. – 2-е изд., перераб. и доп. – 2004. – 654 с.

19. Теория автоматического управления: учеб. для вузов / ред. В. Б. Яковлев. – М.: Высш. шк., 2003. – 566 с.

20. Теория автоматического управления / ред. Ю. М. Соломенцев. – 3-е изд., стереотип. – М.: Высш. шк., 2000. – 267 с.

21. Егоров, А. И. Основы теории управления / А. И. Егоров. – М.: Физматлит, 2004. – 502 с.

22. Воронов, А. А. Основы теории автоматического управления / А. А. Воронов. – 2-е изд., перераб. – М.: Энергия, 1980. – 308 с.

23. Ерофеев, А. А. Теория автоматического управления: учеб. для студентов вузов / А. А. Ерофеев. – 2-е изд., доп. и перераб. – СПб.: Политехника, 2003. – 302 с.

24. Пантелеев, А.В. Теория управления в примерах и задачах: учебное пособие/ А.В. Пантелеев, А.С. Бортаковский. – М.: Высшая школа, 2003. – 583 с.

25. [Рубанов, В. Г.](#) Теория автоматического управления (математические модели, анализ и синтез линейных систем) [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Г. Рубанов. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2005 - (Электронные копии учебных изданий). Ч. 1 . - 2005. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM). Режим доступа:

<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2017011214473408900000653002>

26. [Ротач, В. Я.](#) Теория автоматического управления: учебник / В. Я. Ротач. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: МЭИ, 2004. - 398 с. - ISBN 5-7046-0924-4

Справочная и нормативная литература

1. ГОСТ 9327-60. Бумага и изделия из бумаги. Потребительские форматы
2. ГОСТ 2.701-2008. Единая система конструкторской документации. Виды и типы. Общие требования к выполнению
3. ГОСТ 2.728-74. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы

4. ГОСТ 23336-78. Машины вычислительные аналоговые и аналого-цифровые. Правила выполнения схем моделирования

6.3. Перечень интернет ресурсов

1. Российское образование ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ПОРТАЛ: <http://www.edu.ru/>
2. Курс лекций. Теория автоматического управления: <http://www.toehelp.ru/theory/tau/contents.html>
3. Клиначёв Н. В. Теория автоматического регулирования. Учебно-методический комплекс: <http://model.exponenta.ru/lectures/index.htm>
4. Доступ к глобальной сети Internet.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Лекционные занятия – поточная аудитория мк323, оснащенная интерактивной доской и проекционным оборудованием;

Лабораторные занятия – специализированная лаборатория мк231 «Лаборатория теории автоматического управления и моделирования систем управления», оборудование – шесть машин АВК-6, пять машин АВК-32, одна машина АВК-31, 6 высокопроизводительных компьютеров, проектор, 3D-принтер, 3D-сканер.

Для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины, а также для контроля самостоятельной работы обучающегося по отдельным разделам дисциплины разработаны тесты в программном пакете SunRay TestOfficePro - средство для контроля проверки знаний, размещенные на ПК компьютерного зала мк229.

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине для проведения практических занятий и выполнения курсовой работы используется пакет прикладных программ MATLAB.

Сведения о наличии лицензионного программного обеспечения:

Matlab 2014b, Simulink, Neural Networks Toolbox, Statistics and Machine Learning Toolbox (10 лиц. №362444 бессрочная);

Microsoft Windows 7, 10 (MSDN подписка БГТУ);

Microsoft Office 2013 (Лицензия БГТУ);

Программа электронного тестирования TestOfficePro (Лицензия БГТУ).

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа с изменениями утверждена на 2016 /2017 учебный год.

Заведующий кафедрой _____ Рубанов В.Г.
подпись, ФИО

Директор института _____ Белоусов А.В.
подпись, ФИО

Список изменений и дополнений в рабочую программу, утвержденный на 2016/2017 учебный год.

В перечень основной литературы добавлены следующие книги:

1. Коновалов, Б. И. Теория автоматического управления [Электронный ресурс] / Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. - Москва: «Лань», 2016. - 224 с. - ISBN 978-5-8114-1034-7 – Режим доступа:

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=71753

2. Гайдук, А. Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB [Электронный ресурс] / А. Р. Гайдук, Т. А. Пьявченко, В. Е. Беляев. - Москва : Лань", 2016. - 464 с. : ил. ; 21 см. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1255-6

Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=71744

В качестве лицензионного программного обеспечения используются также:

MathWorks Individual Licenses (per License): MATLAB 2016b, Simulink, Neural NetworksToolbox, Fuzzy Logic Toolbox, Control System Toolbox (10 лиц. 1145851 бессрочная);

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа с изменениями утверждена на 2017 /2018 учебный год.

Заведующий кафедрой _____ Рубанов В.Г.
подпись, ФИО

Директор института _____ Белоусов А.В.
подпись, ФИО

Список изменений и дополнений в рабочую программу, утвержденный на 2017/2018 учебный год.

В типовом варианте экзаменационного билета изменено название министерства.

Типовой вариант экзаменационного билета семестра №4

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА»
(БГТУ им. В.Г. Шухова)**

Кафедра Технической кибернетики
Дисциплина Математические модели элементов и систем управления
Направление 27.03.04 – Управление в технических системах
Профиль 27.03.04-01 – Управление в технических системах (промышленность)

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Временные динамические характеристики и их показатели качества.
2. Элементарное апериодическое (инерционное) звено и его характеристики.

Утверждено на заседании кафедры _____, протокол № _____
(дата)


Заведующий кафедрой _____ / В.Г. Рубанов

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

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение №1. Рубанов, В. Г. Математические модели элементов и систем управления: учеб. пособие / В. Г. Рубанов. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2014. – 157 с.

Приложение №2. Линейные и нелинейные системы автоматического управления: метод. указания к выполнению лаб. работ по дисциплине " Теория автомат. упр." для студентов направления бакалавриата 27.03.04 – Упр. в техн. системах, 15.03.04 – Автоматизация технол. процессов и пр-в, 15.03.06 – Мехатроника и робототехника / БГТУ им. В. Г. Шухова, каф. техн. кибернетики ; сост. В. Г. Рубанов, В. А. Порхало, Е. М. Паращук, И. А. Рыбин. – Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2014. – 31 с.

Приложение №3. Элементарные динамические звенья и их свойства: методические указания к выполнению курсовой работы по курсам «Математические основы теории управления» и «Математические модели элементов и систем» для студентов направления бакалавриата 27.03.04 – Упр. в техн. системах, 15.03.04 – Автоматизация технол. процессов и пр-в, 15.03.06 – Мехатроника и робототехника / В. Г. Рубанов, Е. М. Паращук. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2014. – 36 с.