

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АВТОМАТИКИ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
КАФЕДРА АВТОНОМНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

“УТВЕРЖДАЮ”
Декан АВТФ, проф. В.В.ГУБАРЕВ

“ 9 ” сентября 2006 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине “ Теория автоматического управления ”.

Основная образовательная программа подготовки бакалавров по направлению 220200 «Автоматизация и управление» (Цикл дисциплин по специальности 220203 «Автономные информационные и управляющие системы»).
Шифр дисциплины ОПД.Ф.04.01

Факультет Автоматики и вычислительной техники.

Квалификация бакалавр техники и технологии

Курс 3 Семестр 5.

Лекции 34 часов

Лабораторные

Занятия 17 часов

Практические занятия 0 часов

Экзамен 5 семестр

Контрольная работа 5 семестр

Самостоятельная

работа 45 часов

Всего часов 96 часов

2006

Рабочая программа составлена на основании требований Государственного образовательного стандарта высшего и профессионального образования по направлению подготовки 220200 «Автоматизация и управление» (Цикл дисциплин по специальности 220203 “Автономные информационные и управляющие системы”), квалификация бакалавр техники и технологии, рег. № 24 – тех/бак, дата утверждения 10.03.2000 г.

Шифр дисциплины: Дисциплина относится к циклу общеобразовательных дисциплин федерального компонента по направлению 220200.

Шифр дисциплины **ОПД.Ф.04.01**

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Автоматики, протокол № 1
« 31 » августа 2006 г.

Программу составил:
д.т.н., профессор каф. «Автоматика»

В.Д.Юркевич

Заведующий кафедрой
«Автоматика», д.т.н., профессор

А.С.Востриков

Ответственный за основную
образовательную программу,
заведующий кафедрой
«Автоматика», д.т.н., профессор

А.С.Востриков

Заведующий кафедрой АИУС,
к.т.н., доцент

В.П.Ющенко

1. ВВЕДЕНИЕ

Настоящая программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего и профессионального образования к уровню подготовки специалистов 220200 "Автоматизация и управление" применительно к специальности 220203 "Автономные информационные и управляющие системы", квалификация бакалавр техники и технологии, которая изучается на 3-м курсе. Дисциплина "Теория автоматического управления" относится к циклу общепрофессиональных дисциплин и изучается в течение одного семестра (5).

Рабочая программа включает в себя элементы ГОС ОПД.Ф. 04.01 для дисциплины "Теория автоматического управления" (ТАУ), которые выделены ниже курсивом. Отдельные элементы ГОС, не вошедшие в данную программу, в дальнейшем изучаются студентами в дисциплине "Теория автоматического управления в системах ближней локации".

Требования государственного образовательного стандарта по содержанию дисциплины "ТАУ" : *«основные понятия теории управления; классификация систем управления (СУ); поведение объектов и СУ; информация и принципы управления; примеры СУ техническими, экономическими и организационными объектами; задачи теории управления; линейные непрерывные модели и характеристики СУ; модели вход-выход: дифференциальные уравнения, передаточные функции, временные и частотные характеристики; модели вход-состояние-выход; преобразования форм представления моделей; анализ основных свойств линейных СУ: устойчивости, инвариантности, чувствительности, управляемости и наблюдаемости; качество переходных процессов в линейных СУ; задачи и методы синтеза линейных СУ; линейные дискретные модели СУ: основные понятия об импульсных СУ, классификация дискретных СУ; анализ и синтез дискретных СУ; нелинейные модели СУ; анализ равновесных режимов; методы линеаризации нелинейных моделей; анализ поведения СУ на фазовой плоскости; устойчивость положений равновесия: первый и второй методы Ляпунова, частотный метод исследования абсолютной устойчивости; исследование периодических режимов методом гармонического баланса; линейные стохастические модели СУ: модели и характеристики случайных сигналов; прохождение случайных сигналов через линейные звенья; анализ и синтез линейных стохастических систем при стационарных случайных воздействиях; оптимальные системы управления: задачи оптимального управления, критерии оптимальности; методы теории оптимального управления: классическое вариационное исчисление, принцип максимума, динамическое программирование; СУ оптимальные по быстрдействию, оптимальные по расходу ресурсов и расходу энергии; аналитическое конструирование оптимальных регуляторов; робастные системы и адаптивное управление».*

2. ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью преподавания дисциплины "Теория автоматического управления" является сообщение студентам знаний по типовым моделям звеньев и систем управления, основным свойствам динамических объектов (независимо от их физической природы), методам исследования свойств динамических систем, методам синтеза систем автоматического регулирования, приобретение студентами навыков по расчету и моделированию систем управления для использования в производственной деятельности, связанной с эксплуатацией, настройкой и разработкой систем и устройств управления.

Успешное изучение дисциплины "Теория автоматического управления" предполагает

предварительное знакомство студентов со следующими дисциплинами: высшая математика (дифференциальное, интегральное, операционное исчисление, линейная алгебра, функции комплексного переменного), физика (физика твердого тела), электроника (операционные усилители, базовые логические элементы, схемотехника устройств на операционных усилителях), теория цепей (анализ цепей постоянного и переменного тока, переходные процессы), программирование (пакеты прикладных программ для моделирования динамических систем).

3. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

№ цели	Содержание цели
Студент должен иметь представление:	
1 2	Об основных свойствах различных классов динамических систем; О способах коррекции свойств замкнутых систем
Студент должен знать:	
3 4 5 6	Формы представления математических моделей объектов и систем управления; Методы анализа фундаментальных свойств процессов и систем управления, Основные принципы управления, Методы синтеза систем управления;
Студент должен уметь:	
7 8 9 10 11	Применять методы получения математических моделей объектов автоматизации и управления; Формулировать требования к свойствам систем; Проводить сравнительный анализ свойств динамических систем; Проверять устойчивость систем; Проводить расчет корректирующих звеньев для обеспечения заданных свойств систем автоматического управления.

4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Содержание дисциплины соответствует программам курсов по теории автоматического управления, читаемых в высших технических учебных заведениях. Структура дисциплины состоит из четырех основных разделов:

- Основные понятия и определения
- Математические модели динамических систем
- Методы анализа процессов в динамических системах
- Методы синтеза систем автоматического управления

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Лекционные занятия (34 часов)

Ссылки на цели	Часы	Темы
1-6	2	Цель и задачи курса, понятия управления и информатики, общие принципы системной организации статические и динамические системы, структура систем автоматического управления.
	6	Динамические характеристики непрерывных линейных систем; математические модели объектов и систем. Понятие о состоянии системы. Дифференциальные уравнения (обыкновенные дифференциальные уравнения, уравнения состояния). Канонические формы уравнений состояния. Временные характеристики (переходная и импульсная функции); переходная матрица, передаточная функция. Особенности описания многоканальных систем. Модальные характеристики (собственные значения, собственные векторы, модальный спектр). Частотные характеристики. Структурные схемы. Преобразования структурных схем.
	6	Методы анализа свойств процессов в системах управления. Методы анализа устойчивости линейных систем. Основные понятия и определения. Общее условие устойчивости линейных систем. Алгебраические и частотные критерии устойчивости (Гурвица, Найквиста, логарифмическая форма критерия устойчивости Найквиста). Области и запасы устойчивости.
	6	Методы анализа качества работы систем. Основные понятия, определения переходного и установившегося процессов, оценки точности в переходном и установившемся режимах. Количественные оценки процессов: ошибка регулирования (динамическая, установившаяся, статическая, скоростная), время переходного процесса, перерегулирование, показатель колебательности. Корневой метод анализа качества процессов. Частотный метод анализа качества переходных процессов.
	6	Методы синтеза линейных систем автоматического управления (САУ). Понятия и определения. Постановка задачи синтеза системы регулирования. Инвариантность и чувствительность систем управления; управляемость и наблюдаемость. Частотный метод синтеза корректирующих звеньев. Основные соотношения метода. Построение ЛАЧХ объекта. Построение желаемой ЛАЧХ. Определение ЛАЧХ корректирующего звена. Расчет передаточной функции корректирующего звена и схемная реализация на интегрирующих элементах. Влияние возмущений и помехи измерения на свойства замкнутой системы.

	2	Типовые регуляторы: пропорциональный, пропорционально-дифференциальный, интегральный, пропорционально-интегральный, пропорционально-интегрально-дифференциальный регуляторы. Свойства типовых регуляторов.
	6	Модальный метод расчета регуляторов. Общие принципы расчета, определение области расположения корней желаемого характеристического уравнения по заданным показателям качества переходных процессов. Модальный метод синтеза астатических систем управления. Понятие наблюдателя состояния, виды наблюдателей состояния. Фильтр Калмана.

5.2. Лабораторные занятия – 17 часов

Ссылки на цели	№	Темы
7 - 11	1	Временные и частотные характеристики типовых динамических звеньев.
	2	Исследование устойчивости линейных САУ.
	3	Анализ переходных процессов и точности.
	4	Синтез линейных САУ частотным методом.

5.3. Темы индивидуальных заданий

Ссылки на цели	№	Темы
7 – 11	1	Математические модели динамических систем. Дифференциальные уравнения, временные и частотные характеристики.
	2	Анализ устойчивости линейных систем. Алгебраические и частотные критерии устойчивости.
	3	Анализ точности работы динамических систем и качества переходных процессов систем
	4	Анализ управляемости и наблюдаемости линейных систем.
	5	Синтез корректирующих звеньев частотным методом синтеза.
	6	Синтез регулятора модальным методом.
	7	Расчет наблюдателей состояния. Фильтр Калмана.

5.4 Контрольная работа

Ссылки на цели	№	Темы
7 – 11	1	Математические модели динамических систем. Анализ устойчивости и точности непрерывных систем управления.

2	Частотный метод синтеза корректирующих звеньев. Модальный метод синтеза регулятора.
---	---

5.5. Самостоятельная работа (45 часа)

5.5.1. Самостоятельная работа студентов состоит в выполнении индивидуальных заданий, выполнении и защите лабораторных работ, а также дополнительном изучении следующих тем: методы линеаризации нелинейных характеристик, метод Д-разбиения по одному и двум параметрам, метод фазовой плоскости, диаграмма Вышнеградского, интегральные оценки качества переходных процессов, анализ управляемости, наблюдаемости, стабилизируемости линейных непрерывных динамических систем.

6. Учебно-методические материалы по дисциплине

6.1. Основная и дополнительная литература

- 6.1.1. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления, Москва, 2002, 832 с.
- 6.1.2. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теории систем автоматического управления. – Издание 4-е, переработанное и доп. – СПб. Изд-во «Профессия», 2004.- 752 с.
- 6.1.3. Филлипс Ч., Харбор Р. Системы управления с обратной связью. - М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001.- 616 с.
- 6.1.4. Востриков А.С., Французова Г.А. Теория автоматического регулирования: Учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006.
- 6.1.5. Бесекерский В.А. (ред.). Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления. М.: Наука, 1978.
- 6.1.6. Воронов А.А. (ред.). Теория автоматического управления, части 1 и 2. М.: Высшая школа, 1986.
- 6.1.7. Деруссо П.М. и др. Пространство состояний в теории управления. М.: Наука, 1970.
- 6.1.8. Иванов В.А., Чемоданов В.К., Медведев В.С. Математические основы теории автоматического регулирования. М.: Высшая школа, 1973.
- 6.1.9. Нетушил А.В. (ред.). Теория автоматического управления. М.: Высшая школа, 1976.
- 6.1.10. Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления. М.: Высш. школа, 1986.
- 6.1.11. Попов Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления. М.: Высшая школа, 1989.
- 6.1.12. Солодовников В.В., Плотников В.Н., Яковлев А.В. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования. М.: Высшая школа, 1985.
- 6.1.13. Топчеев Ю.И. Атлас для проектирования систем автоматического регулирования. М.: Машиностроение, 1989.
- 6.1.14. Топчеев Ю.И., Цыпляков А.П. Задачник по теории автоматического регулирования. М.: Машиностроение, 1977.
- 6.1.15. Ту Ю. Современная теория управления. М.: Мир, 1971.
- 6.1.16. Шаталов А.С. (ред.). Теория автоматического управления. М.: Высшая школа, 1977.
- 6.1.17. Шаталов А.С. (ред.) Задачник по теории автоматического управления. М.: Энергия, 1979.
- 6.1.18. Французова Г.А., Шпилева О.Я., Юркевич В.Д. Исследование свойств динамических систем. Методические указания к лабораторным работам для студентов 3 курса. - Новосибирск: НГТУ, 1999.

- 6.1.19. Французова Г.А., Шпилевая О.Я., Юркевич В.Д. Сборник задач по теории автоматического управления (часть 1). – Новосибирск: НГТУ, 2000.
- 6.1.20. Андреев Ю.Н. Управление конечномерными линейными объектами. М.: Наука, 1978.

6.2. Использование средств ВТ

При выполнении лабораторных работ и расчетно-графических заданий студенты пользуются пакетом моделирования динамических систем (Matlab, Simnon или другими), а также специализированными пакетами для математических вычислений (Matcad).

Контролирующие материалы (экзаменационные билеты)

Билет № 1

1. Динамические характеристики линейных систем, дифференциальные уравнения.
2. Критерий устойчивости Гурвица.

Билет № 2

1. Временные характеристики линейных систем (переходная и импульсная переходная характеристики).
2. Критерий устойчивости Михайлова.

Билет № 3

1. Передаточная функция.
2. Критерий устойчивости Найквиста.

Билет № 4

1. Частотные характеристики.
2. Свойства статических систем.

Билет № 5

1. Структурные схемы, преобразования структурных схем.
2. Метод D-разбиения по одному параметру.

Билет № 6

1. Типовые динамические звенья. Свойства пропорционального звена.
2. Операторная процедура модального метода синтеза дискретного регулятора.

Билет № 7

1. Интегрирующее и идеальное дифференцирующее звенья.
2. Частотный метод синтеза. Построение желаемой ЛАЧХ.

Билет № 8

1. Форсирующее звено.
2. Показатели качества переходного процесса. Определение показателей по временным характеристикам.

Билет № 9

1. Аперiodическое звено первого порядка.
2. Частотный метод синтеза.

Билет № 10

1. Условия управляемости и наблюдаемости динамических систем.
2. Свойства систем позиционирования.

Билет № 11

1. Аперiodическое звено второго порядка.
2. Частотный метод определения показателей качества процессов.

Билет № 12

1. Канонические формы уравнений состояния динамических систем управления.
2. Корневой метод анализа показателей качества процессов.

Билет № 13

1. Колебательное звено.
2. Частотный метод синтеза. Анализ влияния помех измерения.

Билет № 14

1. Устойчивость линейных систем, общее условие устойчивости.
2. Анализ точности в линейных системах управления.

Билет № 15

1. Типовые динамические звенья (определение), свойства пропорционального звена.
2. Модальный метод синтеза астатического регулятора.

Билет № 16

1. Устойчивость линейных систем, общее условие устойчивости.
2. Частотный метод синтеза. Определение динамических характеристик корректирующего звена.

Билет № 17

1. Показатели качества переходного процесса. Определение показателей по временным характеристикам.
2. Типовые регуляторы. Свойства систем с типовыми регуляторами.

Билет № 18

1. Передаточные функции и их взаимосвязь с временными характеристиками линейных систем.
2. Модальный метод синтеза.

Билет № 19

1. Интегральные оценки качества переходных процессов.
2. Наблюдатели состояния.

Билет № 20

1. Модели систем в пространстве состояний.
2. Инвариантность и чувствительность систем управления

Билет № 21

1. Построение структурной схемы по дифференциальному уравнению.
2. Метод Д-разбиения по двум параметрам.

Билет № 22

1. Построение асимптотических ЛАЧХ.
2. Условия управляемости и стабилизируемости линейной динамической системы.

Билет № 23

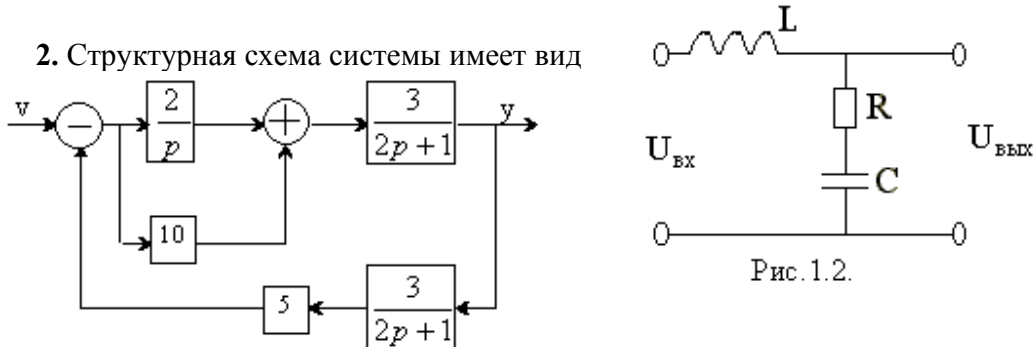
1. Критерий устойчивости Гурвица.
2. Условие наблюдаемости линейной динамической системы.

Билет № 24

1. Логарифмический аналог критерия устойчивости Найквиста
2. Диаграмма Вышнеградского.

Примеры задач для контрольных работ

1. Для электрической цепочки (рис 1.2), где $R=400$ Ом, $C=2 \cdot 10^{-3}$ ф, $L=100$ гн, составить математическую модель относительно входной и выходной переменных, определить коэффициенты модели.



Определить передаточную функцию $W(p) = y(p) / v(p)$ системы.

3. Проверить устойчивость замкнутой системы с помощью логарифмического критерия Найквиста, если передаточная функция разомкнутой имеет вид

$$W_{раз}(p) = \frac{15(p+1)}{p(0.01p^2 + 0.8p + 1)}$$

4. Используя частотный метод синтеза, рассчитать параметры корректирующего звена $W_k(p)$, обеспечивающего выполнение в замкнутой системе (рис.12.2) следующих требований: $\Delta(t = \infty) \leq 1\%$, $\sigma \leq 30\%$, $t_n \approx 20$ с. Модель ОУ имеет следующий вид:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = -x_1 - 2x_2 + u, \\ y = x_1. \end{cases}$$

5. Модель объекта заданна системой уравнений

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_1 + x_2 + u, \\ \dot{x}_2 = -x_1 + x_2, \\ y = x_1 - x_2. \end{cases}$$

Рассчитать параметры регулятора модальным методом синтеза по требованиям к качеству переходных процессов: $t_n \leq 3c$, $\sigma = 30\%$, $\Delta^0 = 0\%$ от v .