

Федеральное агентство по образованию РФ
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ГОУВПО «АмГУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой ИиУС
_____ А.В. Бушманов
«___» _____ 2006 г.

Учебно-методический комплекс дисциплины

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ**

для специальности
230102 – автоматизированные системы обработки
информации и управления

Составитель: Ерёмин Е.Л.

2006 г.

*Печатается по решению
редакционно-издательского совета
факультета математики
и информатики
Амурского государственного
университета*

Теоретические основы автоматизированного управления для специальности 230102 «Автоматизированные системы обработки информации и управления»: учебно-методический комплекс дисциплины. / Еремин Е.Л. – Благовещенск. Изд-во Амурского гос. ун-та, 2006. 106 с.

©Амурский государственный университет, 2006

©Кафедра информационных и управляющих систем, 2006

ОГЛАВЛЕНИЕ

1.	Выписка из государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования	4
2.	Рабочая программа	5
3.	График самостоятельной работы студентов	18
4.	Методические рекомендации по проведению самостоятельной работы студентов	19
5.	Перечень учебников, учебных пособий	21
6.	Краткий конспект лекций	22
7.	Методические рекомендации по выполнению курсовой работы	55
8.	Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ и комплект заданий	59
9.	Перечень программных продуктов, используемых в практике выпускников и учебно-методическое пособие	83
10.	Методические указания по применению современных ИТ для преподавания учебной дисциплины	84
11.	Методические указания по организации межсессионного и экзаменационного контроля знаний студентов	85
12.	Комплекты заданий по курсовой работе	86
13.	Фонд тестовых и контрольных заданий для оценки качества знаний по дисциплине	91
14.	Комплект экзаменационных билетов	99
15.	Карта кадровой обеспеченности дисциплины	106

1. ВЫПИСКА ИЗ ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Направление подготовки дипломированного специалиста
654600 – Информатика и вычислительная техника

Специальность

220200 (230102) – Автоматизированные системы обработки информации и управления.

Квалификация – *инженер*

Индекс	Наименование дисциплин и их основные разделы	Всего часов
СД.01	Теоретические основы автоматизированного управления Понятие автоматизированного и автоматического управления; модели и процесс принятия решения; автоматизированные системы управления производством, научным экспериментом, обучением, технологическим процессом; категориальные понятия системного подхода; организационная и функциональная структура систем; методика и примеры формализации систем; последовательность разработки автоматизированной системы; обеспечивающие подсистемы; информационная технология проектирования автоматизированной системы.	130

2. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине " Теоретические основы автоматизированного управления " для специальности 230102 «Автоматизированные системы обработки информации и управления»

курс 3,4 семестр 6,7

Лекции 66 Экзамен 7 семестр

Практические (семинарские) занятия __ (час.)

Лабораторные занятия 18 (час.)

Зачет 6 семестр

Самостоятельная работа 54/30 (к.р.) (час.)

Всего часов 138/30 (к.р.) (час.)

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе.

1.1. Цель преподавания дисциплины.

Получение теоретических знаний и практического опыта по основным вопросам управления технических и интегрированных системах.

1.2. Задачи изучения дисциплины.

По завершению курса студенты должны знать основы теории управления, основные принципы создания АСОИУ, основы системного анализа и синтеза систем управления, методы формализованного описания управляемых объектов и процессов, методы управления в интегрированных, организационных и технических системах, методы и модели используемые при проектировании систем автоматизированного управления различного класса и назначения, а также должны уметь использовать системный анализ и математические методы при постановке и алгоритмизации задач АСОИУ, определять концептуальную модель автоматизированной системы управления, применять современную методологию автоматизированного управления

1.3. Перечень разделов (тем) необходимых дисциплин.

1.3.1. Информатика (Понятие информатики. Понятие информации и ее измерение. Количество и качество информации. Единицы измерения информации. Информация и энтропия. Сообщения и сигналы. Кодирование и квантование сигналов. Информационный процесс в автоматизированных системах. Фазы информационного цикла и их модели. Инфор-

мационный ресурс и его составляющие. Информационные технологии. Технические и программные средства информационных технологий. Основные виды обработки данных. Обработка аналоговой и цифровой информации. Устройства обработки данных и их характеристики. Понятие и свойства алгоритма. Принцип программного управления. Функциональная и структурная организация компьютера. Сетевые технологии обработки данных. Виды и характеристики носителей и сигналов. Спектры сигналов. Современные технические средства обмена данных и каналообразующей аппаратуры. Типы и структуры данных. Организация данных на устройствах с прямым и последовательным доступом. Файлы данных. Файловые структуры. Носители информации и технические средства для хранения данных. Представление информации в цифровых автоматах (ЦА). Основы компьютерной коммуникации).

- 1.3.2. Алгоритмические языки и программирование (Основные этапы решения задач на ЭВМ; критерии качества программы; диалоговые программы; дружелюбность, жизненный цикл программы; постановка задачи и спецификация программы; способы записи алгоритма; программа на языке высокого уровня; стандартные типы данных; типы данных, определяемые пользователем; записи; файлы; динамические структуры данных; списки: основные виды и способы реализации; программирование рекурсивных алгоритмов; способы конструирования программ; модульные программы;).
- 1.3.3. Основы теории управления (Управление и информатика; общие принципы системной организации; устойчивость, управляемость и наблюдаемость; инвариантность и чувствительность систем управления; математические модели объектов и систем управления; формы представления моделей; методы анализа и синтеза систем управления; цифровые системы управления; использование микропроцессоров и микро-ЭВМ в системах управления; особенности математического описания цифровых систем управления, анализа и синтеза систем управления с ЭВМ в качестве управляющего устройства; программная реализация алгоритмов управления в цифровых системах)
- 1.3.4. Базы данных (Назначение и основные компоненты системы баз данных; обзор современных систем управления базами данных (СУБД); уровни представления баз данных; понятия схемы и подсхемы; модели данных; иерархическая, сетевая и реляционная модели данных; схема отношения; язык манипулирования данными для реляционной модели;

реляционная алгебра и язык SQL; проектирование реляционной базы данных, функциональные зависимости, декомпозиция отношений, транзитивные зависимости, проектирование с использованием метода сущность - связь; изучение одной из современных СУБД по выбору; создание и модификация базы данных; поиск, сортировка, индексирование базы данных, создание форм и отчетов; физическая организация базы данных; хешированные, индексированные файлы; защита баз данных; целостность и сохранность баз данных.

2. Содержание дисциплины

2.1. Федеральный компонент

Специальная дисциплина

ГОС ВПО: 1400 СД – 1.

2.2. Лекционные занятия

2.2.1. Понятие автоматизированного и автоматического управления (2 часа). Роль и место автоматизации управления в новых условиях хозяйствования. Анализ эффективности использования автоматизированных систем, основные направления развития теории и практики проектирования. Системотехника, экономика, кибернетика и информатика - методологические основы проектирования и внедрения АООИУ.

2.2.2. Модели и процесс принятия решения; автоматизированные системы управления производством, научным экспериментом, обучением, технологическим процессом; категориальные понятия системного подхода (12 часов).

Основные понятия определения системы, среды, проблемы, цели, функций, структур, ресурсов. Основные этапы системной деятельности, алгоритмы анализа и синтеза систем. Функциональные характеристики сложных систем: эффективность, надежность, качество управления, помехозащищённость, устойчивость, сложность. Модели описания (ложных систем: модели "черного- ящика", состава, структуры; математические модели систем. Метод экспертных сценок: постановка задачи, методы определения предпочтений, формирование состава экспертов, организация экспертизы, алгоритмы обработки экспертной информации и оценки степени согласованности экспертов. Основные понятия управления; способы управления: управление извне, самоуправление, комбинированное управление. Функции управления: прогнозирование, планирование, учёт, кон-

троль, анализ, регулирование. Административно-организационные и экономические методы управления. Управление в иерархических системах.

2.2.3. Методика и примеры формализации систем (22 часов).

Специфика управления в технических системах. Схемы управления. Местное и централизованное управление. Функциональные и технологические задачи управления. Типовые связи и блоки управления. Оптимальное и адаптивное управление. Постановка задачи оптимального управления. Принцип оптимальности Р.Беллмана. Синтез оптимальный регуляторов методом динамического программирования. Понятие об адаптивных системах. Гипотеза квазистационарности. Понятие об идентификации. Идентификационный алгоритм адаптивного управления. Параметрически адаптивные системы управления. Прямой алгоритм адаптивного управления. Функционально-адаптивные системы. Структура адаптивных систем. Методы синтеза адаптивного управления. Постановка задачи идентификации. Идентификация с помощью настраиваемой модели. Адаптивные идентификаторы (параллельный, последовательный и комбинированный). Адаптивные наблюдатели. Адаптивное управление с эталонной моделью.

2.2.4. Организационная и функциональная структура систем; последовательность разработки автоматизированной системы; информационная технология проектирования автоматизированной системы. (16 часов). Основные понятия и определения интегрированных систем управления ИСАУ. Основные функции и структуры управления. Уровни управления и возможности автоматизации. Состав и структура гибких автоматизированных производств. Состав и структура автоматизированных систем управления производством. Методы и средства автоматизации организационной деятельности. Основные положения по созданию автоматизированных учрежденческих систем. Основные понятия и определения автоматизированных информационных технологий. Этапы проектирования. Состав автоматизированных учрежденческих систем. Основы проектирования АСОИУ. Основные принципы проектировщик. Этапы проектирования и состав проектной документации.

2.2.5. Обеспечивающие подсистемы (14 часов). Организационные, правовые, эргономические, лингвистические и математические аспекты обеспечивающих подсистем ИСАУ. Техническое обеспечение: типы и характеристики ЭВМ. Сети ЭВМ. Классификация прикладного программного обеспечения. Классификация основных параметров качест-

ва программного обеспечения. Технологический процесс разработки программного обеспечения. Информационное обеспечение. Система классификации и кодирования. Унифицированная система документации. Система баз данных. Модели представления знаний.

2.3. Лабораторные работы

- 2.3.1. Лабораторная работа №1 (2-х часовая). Тема: изучение базовых возможностей программной среды Matlab.
- 2.3.2. Лабораторная работа №2 (2-х часовая). Тема: исследование моделей состояния динамических систем.
- 2.3.3. Лабораторная работа №3 (2-х часовая). Тема: решение некоторых вычислительных задач в теории систем.
- 2.3.4. Лабораторная работа №4 (2-х часовая). Тема: Исследование оптимальных законов управления для объектов второго порядка.
- 2.3.5. Лабораторная работа №5 (2-х часовая). Тема: анализ параметрической чувствительности оптимальных законов управления.
- 2.3.6. Лабораторная работа №6 (2-х часовая). Тема: аналитическое конструирование регуляторов и их исследование.
- 2.3.7. Лабораторная работа №7 (4-х часовая). Тема: исследование систем идентификации с настраиваемой моделью.
- 2.3.8. Лабораторная работа №8 (2-х часовая). Тема: Исследование систем прямого адаптивного управления.

2.4. Курсовая работа.

Завершающий этап учебной дисциплины ТОАУ, на котором ставится цель – овладеть практическими навыками аналитического синтеза и анализа алгоритмов сложных систем управления и приёмами исследования функционирования этих систем на основе имитационного моделирования.

- 2.4.1. Разработка и исследование автономно-локальных бесперебойных самонастраивающихся систем управления гибкими производственными модулями ГАП.

2.4.2. Задание:

- 2.4.2.1. Получить для систем (1), (6), (8) и (16), (18) эквивалентные формы записи, позволяющие представить эти системы в виде нелинейной системы первого типа с линейной стационарной и нелинейной

- нестационарной частями.¹
- 2.4.2.2. Синтезировать для систем прямого адаптивного управления (1), (6), (7), (8) явный вид алгоритмов настройки коэффициентов адаптивного регулятора, а для систем с настраиваемой моделью (16), (18) явный вид алгоритмов идентификации элементов матрицы $Ah(t)$ и вектора $bh(t)$, из условия разрешения интегрального неравенства Попова.
 - 2.4.2.3. Выбрать и задать значения элементов вектора g , из условия строгой положительности линейных стационарных частей эквивалентных систем.
 - 2.4.2.4. Определить для системы управления, построение которой основано на использовании параметрической идентификации, числовые значения вектора Cg и числа Kg , т.е. задать явный вид закона управления (12).
 - 2.4.2.5. Промоделировать при заданных начальных условиях, возмущающем воздействии и соответствующих задающих сигналах или сигналах идентификации, а так же при произвольно выбранных параметрах объекта, но заданных с учётом уровня априорной неопределённости: систему прямого адаптивного управления; систему параметрической идентификации; желаемую систему управления, использующую результаты параметрической идентификации; в процессе моделирования выбрать и задать значения параметров контура адаптации, а так же, если требуется, то и уточнить значения элементов вектора g .
 - 2.4.2.6. Получить, построить и представить графики следующих характеристик: для системы прямого адаптивного управления $x_1(t)$, $x_2(t)$, $x_3(t)$, $x_{1m}(t)$, $x_{2m}(t)$, $x_{3m}(t)$, $C_1(t)$, $C_2(t)$, $C_3(t)$, $K(t)$; для систем параметрической идентификации $x_1(t)$, $x_2(t)$, $x_3(t)$, $x_{1m}(t)$, $x_{3m}(t)$, $x_{2m}(t)$, $C_1(t)$, $C_2(t)$, $C_3(t)$, $K(t)$; для желаемой системы управления $x_1(t)$, $x_2(t)$, $x_3(t)$, $x_{1m}(t)$, $x_{2m}(t)$, $x_{3m}(t)$.
 - 2.4.2.7. Проанализировать полученные временные характеристики и сформулировать выводы по курсовой работе, отражая особенности функционирования построенных адаптивных систем.

¹ Здесь ссылки на формулы и далее на исходные данные соответствуют стр. 64-72 в учебном пособии: Еремин Е.Л. Лабораторно-курсовой практикум по ТОАУ с применением MATLAB for Windows. Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2001. 142 с.

- 2.4.2.8. Подготовить и сдать на проверку пояснительную записку (объем не более м.п.с без учёта графиков и рисунков).
- 2.4.2.9. Содержание пояснительной записки должно включать в себя: задание, согласно варианту курсовой работы; подробное описание всех этапов решения задач синтеза, а так же целей и результатов имитационного моделирования; структурные схемы синтезированных систем; графики временных характеристик, отражающих качество работы синтезированных систем; выводы по курсовой работе.

2.5. Самостоятельная работа студентов

2.5.1. Тема: Математические модели динамических систем.

2.5.1.1. Классические математические модели – 15 час.

2.5.1.2. Математические модели в пространстве состояний – 15 час.

2.5.1.3.

Рекомендуемая литература:

1. Еремин Е.Л. Динамические модели и S-моделирование систем. Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2003. 337 с.

2.6. Вопросы к зачету.

2.6.1. Как умножаются прямоугольные матрицы?

2.6.2. Что характеризуют собственные числа матрицы?

2.6.3. Что такое ранг матрицы?

2.6.4. Объясните особенности правого и левого деления прямоугольных матриц.

2.6.5. Чем отличаются функциональные и скрипт М-файлы? Приведите примеры таких файлов.

2.6.6. Почему в лабораторной работе для ввода исходных данных использовалась функция INPUT?

2.6.7. Поясните смысл следующих операторов и функций: title; xlabel; grid; axis; clc; clg; subplot; if; else; elseif; for; while; polar; rank.

2.6.8. Что такое отрицательная обратная связь?

2.6.9. Чем отличаются замкнутые системы от разомкнутых?

2.6.10. Если обратная связь положительная, то к чему это может привести?

- 2.6.11. Сформулируйте необходимые и достаточные условия устойчивости линейных непрерывных систем.
- 2.6.12. Сформулируйте критерии устойчивости линейных систем.
- 2.6.13. Что такое переходной процесс?
- 2.6.14. Что такое импульсная переходная функция?
- 2.6.15. Что такое характеристическое уравнение?
- 2.6.16. Объясните особенности математического описания линейных непрерывных и дискретных систем.
- 2.6.17. Охарактеризуйте содержание функциональных М-файлов: $c2d(a,b,n)$ и $tf2ss(num,den)$.
- 2.6.18. Охарактеризуйте смысл графика $y_2=F(y_1)$, построенного в последнем пункте лабораторной работы №3.
- 2.6.19. Каково назначение функции hold?

2.7. Вопросы к экзамену

- 2.7.1. Задачи совершенствования автоматизации объектов и процессов управления.
- 2.7.2. Роль кибернетики и информатики при проектировании АСОИУ.
- 2.7.3. Характеристика понятий системы и среды.
- 2.7.4. Классификация систем.
- 2.7.5. Системный анализ сложных систем.
- 2.7.6. Функциональные характеристики сложных систем.
- 2.7.7. Математические модели систем и их классификация.
- 2.7.8. Модели состояния динамических систем.
- 2.7.9. Основные понятия, функции и структуры управления.
- 2.7.10. Уровни управления и автоматизация. Состав и структура АСУП.
- 2.7.11. Характеристика систем оптимального управления.
- 2.7.12. Принципы построения адаптивных и интеллектуально-адаптивных систем управления.
- 2.7.13. Управляемость и стабилизируемость систем управления.
- 2.7.14. Наблюдаемость и обнаруживаемость систем управления. Наблюдатели.
- 2.7.15. Системы управления оптимальные по быстродействию.
- 2.7.16. Динамическое программирование. Функция и уравнение Беллмана.
- 2.7.17. Методика применения динамического программирования. Оптимизация стационарных систем по квадратичному критерию.
- 2.7.18. Структуры построения БСНС и условия структурного согласования объекта управления и эталонной модели.
- 2.7.19. Разработка АСЭМ по критерию гиперустойчивости.
- 2.7.20. Характеристика способов управления в условиях априор-

ной неопределенности.

- 2.7.21. Способ расширения семейства алгоритмов самонастройки АСЭМ.
- 2.7.22. Характеристика состава и структуры ГАП.
- 2.7.23. Основные понятия, определения и этапы проектирования информационных технологий.
- 2.7.24. Состав автоматизированных учрежденческих систем. Основные принципы проектирования и внедрения АСОИУ.
- 2.7.25. Этапы проектирования АСОИУ и состав проектной документации.
- 2.7.26. Организационное, правовое, эргономическое и лингвистическое обеспечения проектирования АСОИУ.
- 2.7.27. Математическое и техническое обеспечения проектирования АСОИУ.
- 2.7.28. Программное и информационное обеспечения проектирования АСОИУ.

2.8. Оценочные критерии.

- 2.8.1. Студент получает зачет по изучаемой дисциплине в случае, если он свободно владеет основными теоретическими понятиями и определениями, а также умеет правильно использовать рассмотренные практические методы.
- 2.8.2. При оценке знаний на экзамене учитывается: правильность и осознанность изложения содержания ответа на вопросы, полнота раскрытия понятий и закономерностей, точность употребления и трактовки общенаучных и специальных терминов; степень сформированности интеллектуальных и научных способностей экзаменуемого; самостоятельность ответа; речевая грамотность и логическая последовательность ответа. Критерии оценок:
 - отлично – полно раскрыто содержание вопросов в объеме программы и рекомендованной литературы; четко и правильно даны определения и раскрыто содержание концептуальных понятий, закономерностей, корректно использованы научные термины; для доказательства использованы различные теоретические знания, выводы из наблюдений и опытов; ответ самостоятельный, исчерпывающий, без наводящих дополнительных вопросов, с опорой на знания, приобретенные в процессе специализации по выбранному направлению информатики.
 - хорошо – раскрыто основное содержание вопросов; в основном правильно даны определения понятий и использованы научные термины; ответ самостоятельный; определения поня-

тий неполные, допущены нарушения последовательности изложения, небольшие неточности при использовании научных терминов или в выводах и обобщениях, исправляемые по дополнительным вопросам экзаменаторов.

- удовлетворительно – усвоено основное содержание учебного материала, но изложено фрагментарно, не всегда последовательно; определение понятий недостаточно четкое; не использованы в качестве доказательства выводы из наблюдений и опытов или допущены ошибки при их изложении; допущены ошибки и неточности в использовании научной терминологии, определении понятий;
- неудовлетворительно – ответ неправильный, не раскрыто основное содержание программного материала; не даны ответы на вспомогательные вопросы экзаменаторов; допущены грубые ошибки в определении понятий и использовании терминологии.

3. Учебно-методические материалы по дисциплине

3.1. Используемая и рекомендуемая литература

Основная:

- 3.1.1. Еремин Е.Л. Теоретические основы автоматизированного управления: *Учебное пособие с грифом ДвРУМЦ*. Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2005.
http://libserv.amursu.ru/DiBooks/HTML_electronic_textbook
- 3.1.2. Еремин Е.Л. Лабораторно-курсовой практикум по ТОАУ с применением Matlab for Windows: *Учебное пособие с грифом Дв РУМЦ*. - Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2005.
http://libserv.amursu.ru/DiBooks/HTML_electronic_textbook
- 3.1.3. Еремин Е.Л. Теоретические основы автоматизированного управления: Учебное пособие (Серия "Курс лекций АмГУ", Вып. 1). Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 1998. 230 с.
- 3.1.4. Евланов Л. Г. Теория и практика принятия решений. М.: Экономика, 1984.
- 3.1.5. Джонс Ж. К. Методы проектирования. М.: Мир, 1986.
- 3.1.6. Оптнер С. Л. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем. М.: Сов. Радио, 1969.
- 3.1.7. Перегудов Ф. И., Тарасенко В. П., Ехлаков Ю. П. Информационные системы для руководителей. М.: Финансы и статистика, 1989. 174 с.
- 3.1.8. Португалл В. М., Семенов А. И. Модели планирования на предприятии. М.: Наука, 1978. 268 с.

- 3.1.9. Математические методы в планировании отраслей и предприятий. Под редакцией И. Г. Попова. М.: Экономика, 1981. 334 с.
- 3.1.10. Афанасьев В.Н., Колмановский В.Б. Носов В.Р. Математическая теория конструирования систем управления. М.: Высш. Шк., 1989, 447 с.
- 3.1.11. Зимницкий В.А., Устинов С.М. Методы анализа математических моделей динамических систем: Учебное пособие. Л.: Изд-во ЛГУ, 1991. 81 с.

Дополнительная:

- 3.1.12. Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Избранные главы теории автоматического управления с примерами на языке MATLAB. – СПб.: Наука 1999. – 467.
- 3.1.13. Мирошник И.В., Никифоров В.О. Фрадков А.Л. Нелинейное и адаптивное управление сложными объектами. – СПб.: Наука 2000. – 549.

Учебные пособия:

- 3.1.14. Еремин Е.Л., Еремин И.Е. Методы анализа динамических систем. Лабораторный практикум на ПЭВМ. Благовещенск, : Амурский гос. ун-т, 2000. - 19 с.
- 3.1.15. Еремин Е.Л. Практикум по ТОАУ с применением Matlab for Windows. - <http://www.amursu.ru>.
- 3.1.16. Еремин Е.Л., Еремина В.В., Семичевская Н.П., Шевко Д.Г. Алгоритмы и S-модели гибридных систем адаптивного управления (практикум в среде SIMULINK). Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2005. 205 с.

4. Учебно-методическая (технологическая) карта дисциплины ¹

4.1. 6-ой семестр

Номер недели	Номер темы	Вопросы, изучаемые на лекции	Занятия		Используемые наглядные и методические пособия	Самостоятельная работа студентов		Форма контроля					
			Практические	Лабораторные		Содержание	Часы						
1	2	3	4	5	6	7	8	9					
1	1	2.2.1		2.3.1	3.1.1	2.5.1	15	злр					
2				2.3.2	3.1.1 - 3.1.4,			злр					
3				2.3.3	3.1.14 - 3.1.18			злр					
4								2.3.4	злр, сб				
5								2.3.5	злр				
6									2.3.6	3.1.1, 3.1.12 - 3.1.18	2.5.2	15	злр
7				2.6.7.	злр, сб								
8				2.6.8	злр, з								
9	2	2.2.2	-										
10									2.3.6	3.1.1, 3.1.12 - 3.1.18	2.5.2	15	злр
11													
12									2.6.8	злр, з			
13											2.3.6	3.1.1, 3.1.12 - 3.1.18	2.5.2
14									2.6.7.	злр, сб			
15											2.6.8	злр, з	
16									2.3.6	3.1.1, 3.1.12 - 3.1.18			2.5.2
17											2.6.7.	злр, сб	
18									2.6.8	злр, з			

¹ Принятые сокращения: защита отчета о выполнении лабораторной работы – злр; собеседование по результатам самостоятельной работы студентов – сб; защита курсовой работы – зкр; зачет по изучаемой дисциплине – з.

4.2. 7-ой семестр

Номер недели	Номер темы	Вопросы, изучаемые на лекции	Занятия		Используемые наглядные и методические пособия	Самостоятельная работа студентов		Форма контроля
			Практические	Лабораторные		Содержание	Часы	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4	2.2.4	-	-	3.1.1, 3.1.5 – 3.1.7	2.4	30	зкр
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9	5	2.2.5	-	-	3.1.1, 3.1.2	-	-	-
10								
11								
12								
13								
14								
15								

3. ГРАФИК САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Содержание	Объем в часах	Сроки и форма контроля
3.1. Тема: Математические модели динамических систем.		
3.1.1. Классические математические модели.	15 час.	Собеседование (8 неделя)
3.1.2. Математические модели в пространстве состояний.	15 час.	Собеседование (9 неделя)

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

В качестве учебно-методического пособия по самостоятельной работе студентов используется монография (первые две главы) – *Еремин Е.Л.* Динамические модели и S-моделирование систем. Благовещенск: Изд-во Амурского гос. ун-та, 2003. 337 с., содержание которых представлено ниже:

ГЛАВА 1. КЛАССИЧЕСКИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ	
1.1. Модели непрерывных систем с сосредоточенными параметрами ..	
1.1.1. Линеаризация дифференциальных уравнений	
1.1.2. Первая форма записи линеаризованных уравнений	
1.1.3. Операционное исчисление и преобразование Лапласа	
1.1.4. Вторая форма записи уравнений на основе $W(s)$	
1.2. Временные и частотные характеристики непрерывных систем	
1.2.1. Временные характеристики	
1.2.2. Частотные характеристики	
1.3. Математические модели элементов непрерывных систем	
1.3.1. Манипулятор	
1.3.2. Центробежный маятник	
1.3.3. Ресивер	
1.3.4. Гидравлический сервомотор	
1.3.5. Длинный бьеф	
1.3.6. Печь сжигания (окисления) серы	
1.3.7. Двигатель постоянного тока с независимым возбуждением .	
1.3.8. Асинхронный двухфазный двигатель	
1.3.9. Электронная упругая поляризация диэлектрика	
ГЛАВА 2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В ПРОСТРАНСТВЕ СОСТОЯНИЙ	
2.1. Состояние динамической системы	
2.1.1. Вход, состояние и выход	
2.1.2. Пространство состояний	
2.2. Описание динамической системы в нормальной форме	
2.2.1. Уравнения линейных систем в пространстве состояний	
2.2.2. Способы программирования в переменных состояниях	
2.2.3. Примеры уравнений состояния систем	
2.2.4. Передаточные функции нормальных систем	
2.2.5. Уравнения состояний при типовом соединении систем	
2.3. Дискретизация непрерывных моделей	

2.3.1.	Решение уравнений состояния
2.3.2.	Дискретные модели непрерывных систем
2.3.3.	Вычисление матричной функции e^{At}
2.3.4.	Вычисление матрицы Q
2.3.5.	Вычисление передаточной функции дискретной модели
2.3.6.	Устойчивость дискретных моделей

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНИКОВ, УЧЕБНЫХ ПОСОБИЙ

1. Еремин Е.Л. Теоретические основы автоматизированного управления: *Учебное пособие с грифом Дв РУМЦ*. Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2005. http://libserv.amursu.ru/DiBooks/HTML_electronic_textbook
2. Еремин Е.Л. Лабораторно-курсовой практикум по ТОАУ с применением Matlab for Windows: *Учебное пособие с грифом Дв РУМЦ*. - Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2005. http://libserv.amursu.ru/DiBooks/HTML_electronic_textbook
3. Еремин Е.Л. Теоретические основы автоматизированного управления: *Учебное пособие с грифом Дв РУМЦ*. Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 1998. 230 с.
4. Еремин Е.Л. Лабораторно-курсовой практикум по ТОАУ с применением Matlab for Windows: *Учебное пособие с грифом Дв РУМЦ*. - Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 1998. 114 с.
5. Ехлаков Ю. П. Основы проектирования автоматизированных систем управления и обработки информации. Томск: Изд-во ТИАСУР, 1990, ч.1. 187 с.
6. Перегудов Ф. И., Тарасенко В. П. Введение в системный анализ. М.: Высшая школа, 1989.
7. Евланов Л. Г. Теория и практика принятия решений. М.: Экономика, 1984.
8. Джонс Ж. К. Методы проектирования. М.: Мир, 1986.
9. Оптнер С. Л. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем. М.: Сов. Радио, 1969.
10. Перегудов Ф. И., Тарасенко В. П., Ехлаков Ю. П. Информационные системы для руководителей. М.: Финансы и статистика, 1989. 174 с.
11. Португалл В. М., Семенов А. И. Модели планирования на предприятии. М.: Наука, 1978. 268 с.
12. Математические методы в планировании отраслей и предприятий. Под редакцией И. Г. Попова. М.: Экономика, 1981. 334 с.
13. Афанасьев В.Н., Колмановский В.Б. Носов В.Р. Математическая теория конструирования систем управления. М.: Высш. Шк., 1989, 447 с.
14. Зимницкий В.А., Устинов С.М. Методы анализа математических моделей динамических систем: Учебное пособие. Л.: Изд-во ЛГУ, 1991. 81 с.
15. Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Избранные главы теории автоматического управления с примерами на языке MATLAB. – СПб.: Наука 1999. – 467.
16. Мирошник И.В., Никифоров В.О. Фрадков А.Л. Нелинейное и адаптивное управление сложными объектами. – СПб.: Наука 2000. – 549.

6. КРАТКИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

Лекция 1. Задачи совершенствования автоматизации объектов и процессов управления.

Управление народным хозяйством - процесс сложный и трудоемкий. Сегодня не вызывает сомнения тот факт, что пути совершенствования управления народным хозяйством и его звеньями могут опираться лишь на новые информационные технологии и современные технические средства управления - прежде всего ЭВМ, которые становятся неотъемлемой частью управленческого труда.

В настоящее время весьма актуальны проблемы экономического и организационного переустройства экономики России. Основные направления таких реформ отражены в ряде правительственных документов, из содержания которых выделим лишь некоторые аспекты и положения: расширение самостоятельности предприятий и организаций; реорганизация централизованного руководства экономикой и переход от управления оперативной деятельностью к управлению научно-техническим прогрессом и перспективами развития; поэтапное реформирование планирования, ценообразования, финансово-кредитного механизма; создание новых организационно-экономических структур в производстве и управлении; интеграция науки и производства.

Особенности современных АСОИУ. Новый хозяйственный механизм и радикальная экономическая реформа требуют организации “по-новому” управленческих функций, фундамент которой, в наиболее общем случае, должен строиться на базе *автоматизированных систем обработки информации и управления (АСОИУ)* или *автоматизированных информационно-управляющих систем (АИУС)*, а также на основе *автоматизированных систем управления производством (АСУП)*.

Понятие АСУП прежде всего связано с организационно-экономическим управлением, поэтому в составе АСУП обычно выделяются подсистемы прогнозирования, планирования, учета, экономического анализа и ряд иных подсистем.

Организационно-экономическое управление служит целям решения экономических задач народного хозяйства имеющих социальную ориентацию. Достаточно очевидно, что для управления административно-хозяйственной, инженерно-технической, производственно-технологической, научно-исследовательской деятельностью предприятий, должны быть и существуют различные виды управления, обладающие известной автономностью, но увязанные с организационно-экономическим управлением. Более того, лишь на основе организационно-экономического управления достигается интеграция всех отдельных видов в единую систему управления предприятием. Поэтому наиболее перспективным направлением развития АСУП является создание *интегрированных систем автоматизированного управления (ИСАУ)*.

В состав ИСАУ включаются автоматизированные системы различных видов управленческой деятельности, в том числе: *автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП)*; *системы автоматизированного проектирования (САПР)* как конструкторского, так и технологического назначения; *автоматизированные системы научно-технической информации (АСНТИ)* и некоторые другие автоматизированные системы. Например, с появлением роботизированного производства создаются *автоматизированные системы управления гибкими производственными системами (АСУ ГПС)*.

Практикой подтверждена эффективность ИСАУ для предприятий многоуровневого назначения, когда автоматизированным путем решаются задачи управления производственными объединениями или предприятиями в целом, что достигается за счет создания автоматизированных, а в ряде случаев и автоматических: цехов, участков, агрегатов, производственных линий, технологических процессов и объектов.

Лекция 2. Системный подход и управление

Окружающий нас мир - это совокупность сложных систем, состоящая из природных, социальных, организационных и производственных объектов, процессы в которых описываются детерминированными, стохастическими и иными математическими моделями.

Управление такими объектами или процессами, во-первых, обладающих сложностью, пространственной распределенностью и нестационарностью, во-вторых, связанных с участием в их работе большого количества людей и, в-третьих, характеризующихся привлечением значительных материальных, энергетических и природных ресурсов; в целом, представляет собой чрезвычайно сложную задачу, решение которой, как правило, не может быть простым.

Уместно отметить, учитывая практику использования автоматизированных систем, что до тех пор пока не будет проведено упорядочение ручных, рутинных процедур обработки информации и управления - автоматизация объектов и процессов фактически лишена здравого смысла.

Прежде, чем будет дано определение системы, остановимся на краткой характеристике содержания таких важных понятий как "*системный анализ*" и "*системный подход*", которую раскроем с позиции выделения различий в употреблении этих терминов.

Системный анализ - это целенаправленная деятельность человека, на основе которой обеспечивается представление исследуемого объекта в виде системы.

Системный подход, в свою очередь, характеризуется упорядоченным составом методических приемов исследования, а сам термин "*системный подход*", как показывает традиция его применения, обозначает те исследования, которые проводятся многоаспектно, комплексно и с разных сторон изучают предмет или явление.

Системный подход предполагает, что все частные задачи, решаемые на уровне подсистем, должны быть увязаны между собой и решаться с позиций целого (принцип системности). При этом системный анализ - более конструктивное направление, т.к. располагает методикой (правилами и алгоритмами) разделения или декомпозиции: процессов на этапы и подэтапы; систем на подсистемы; целей на подцели и т.п.

Понятия системы, среды. А теперь, уже с целью формализации определения системы, дадим ответ на следующие вопросы: Как отличить "*системный*" объект от "*несистемного*"? Как построить систему и выделить ее из окружающей среды? Отвечая на первый вопрос воспользуемся - неформальным или описательным (дескриптивным) определением системы, а на второй - конструктивным; тем самым излагая методологию, разработанную группой томских ученых по системному анализу.

Описательное определение, опирается на интуитивное понимание системы как "черного ящика", внешние свойства которого целиком и полностью определяются состоянием его внутренних элементов. Действительно, например, работоспособность коллектива людей определяется исполнителями и отношениями между ними; деятельность предприятия определяется структурой производства и взаимосвязью технологических процессов и т.д. Таким образом, *система* - это множество объектов, свойства которых определяются отношениями между этими объектами. Объекты, выделенные в системе по определенному правилу, называют элементами системы. неделимые элементы системы считают элементарными системами. Часть системы, состоящую более чем из одного элемента, рассматривают как подсистему.

Конструктивное определение требует более глубокой проработки понятия системы, поскольку реальный внешний мир (внешняя среда) представляет собой бесконечное множество объектов и отношений между ними. Выделение системы из среды и определение границ их взаимодействия является одной из первоочередных задач системного анализа, от правильного решения которой зависят не только выполняемые функции, эффективность и качество, но часто и жизнедеятельность.

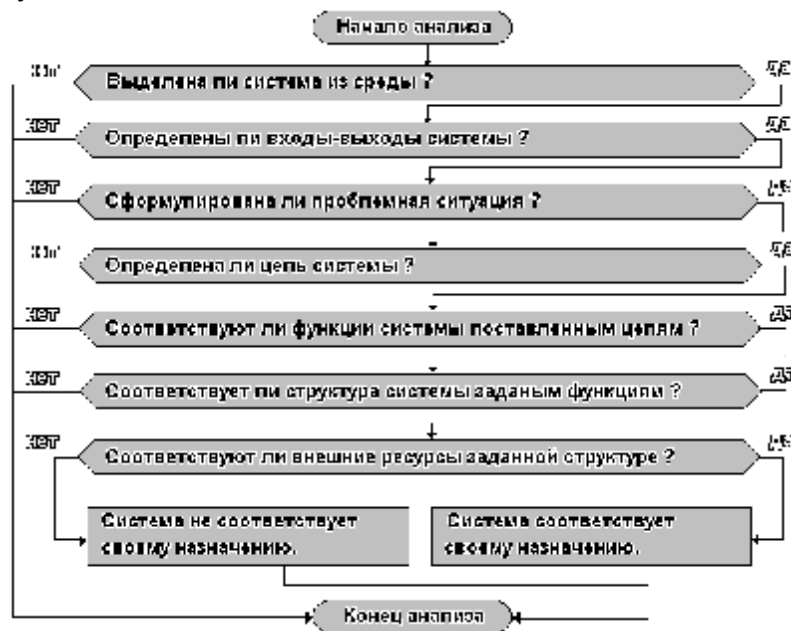
Лекция 3. Этапы системного анализа

Системный анализ в широком смысле - это методология (совокупность методических приемов) постановки и решения задач построения и исследования систем, тесно связанная с математическим моделированием. В более узком смысле системный анализ служит для формализации сложных (трудно формализуемых, плохо структурированных) задач. Например, выделяя задачу структурированности проблемных ситуаций, можно отметить, что для плохо структурируемых ситуаций характерно наличие как качественных, так и количественных элементов, причем качественные элементы являются доминирующими, а это существенно затрудняет правильность формулировки проблемы. Для обоснования таких ситуаций и используется методология системного подхода.

Системный анализ возник как обобщение приемов, накопленных в задачах исследования операций и управления в технике, экономике, военном деле. Соответствующие модели и методы заимствовались из математической статистики, математического программирования, теории игр, теории массового обслуживания, теории автоматического управления. Фундаментом перечисленных дисциплин является общая теория систем.

Системный анализ позволяет найти ответы на совокупность взаимосвязанных вопросов: *что?*, *как?*, *кто?* и *чем?*. Иначе говоря (см. также рис. 2.3), следует ответить на вопросы: о наличии либо отсутствии проблемной ситуации и при ее наличии определить основные направления (цели) разрешения возникших проблем; выяснить какие функции системы при этом надо реализовать и с помощью какой структуры; и, наконец, выяснить есть ли для этой реализации соответствующие внешние ресурсы.

При этом, для постановки и решения задач системного анализа, выработана определенная последовательность действий (этапов), которая и составляет методiku его применения, на рисунке.



Приведенная методика помогает осмыслению и правильному решению прикладных задач проектирования систем управления. Если на каком-либо этапе возникают затруднения, то нужно вернуться на один из предыдущих этапов и изменить (модифицировать) его. Если и это не позволят преодолеть встретившиеся трудности, то задача оказалась слишком сложной и ее необходимо разбить на несколько более простых подзадач, т.е. провести ее декомпозицию. Каждую из полученных подзадач решают по той же методике.

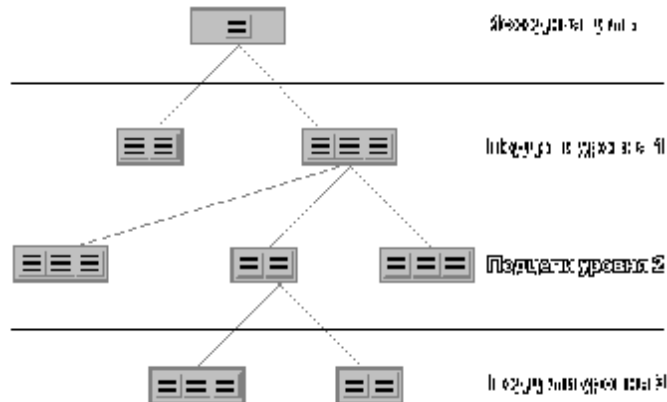
Лекция 4. Сложные системы и декомпозиция

Как известно, системный анализ является основным методом исследования и проектирования сложных систем, со следующими особенностями: наличием неопределенности в описании; сложностью выполняемых функций; сложностью организации (определении) требуемых управляющих воздействий; наличием большого числа разнородных элементов (подсистем); сложным характером и неоднородностью связей между подсистемами.

Проявление особенностей систем зависит от существа конкретных проблемных ситуаций или цели исследований, при которых каждая из особенностей может оказаться как существенной, так и несущественной. Поэтому можно полагать, что наиболее универсальный способ выделения сложных систем как класса, связан со сложностью самого процесса их исследования.

Если методика системного анализа, алгоритм действия которой уже приводился, непосредственно приводит к построению системы соответствующего назначения, то, вообще говоря, нет оснований такую систему считать "сложной". Использование данного термина оправдано лишь тогда, когда решить задачу в исходном виде не удастся. В этом случае она разбивается на несколько вспомогательных и отдельно решаемых подзадач. Данный прием является основным при исследовании сложных систем и называется **декомпозицией**. При декомпозиции исходная система делится на подсистемы, а цель на подцели. Для решения каждой подзадачи пользуются той же методикой, что и для всей системы. Если в ходе решения каких-то подзадач не удастся получить положительных результатов, то снова проводится декомпозиция, приводящая к появлению подзадач следующего уровня и т.д.

Результатом этого процесса является - **структуризация**, когда исходная система приобретает иерархическую или многоуровневую структуру. Соответствующая структура возникающая на множестве подцелей и называемая **деревом целей** показана на рисунке и как хорошо видно представляет собой граф типа дерева (без циклов).



Напомним, что графом называется пара (G, R) , где $G = (g_1, \dots, g_N)$ - конечное множество вершин, а $R \subseteq G \times G$ бинарное отношение на G . Если $(g_i, g_j) \in R$, тогда и только тогда, когда $(g_j, g_i) \notin R$, то граф называется **неориентированным**, в противном случае - **ориентированным**. Пары $(g_i, g_j) \in R$ называются **дугами** (ребрами), а элементы g_i множества G - **вершинами** графа.

Вообще теория графов является естественным математическим аппаратом описания сложных систем. Действительно, каждой сложной системе ставится в соответствие граф (структурный), вершинами которого являются подсистемы, а дугами - имеющиеся между ними связи. Если связи направленные, т.е. наличие связи $S_i \rightarrow S_j$ означает, что воздействие S_i на S_j не вызывает обратного воздействия (или им можно пренебречь), то граф системы является ориентированным (направленным).

Лекция 5. Алгоритмизация процедур декомпозиции и агрегирования сложных систем.

Вопросы *анализа и синтеза* исследуемых систем или проблемы их *разборки и сборки*, на основе элементарных составляющих или отдельных элементов системы, являются одними из центральных задач большинства сфер профессиональной деятельности человека. Суть решения таких задач, как правило, заключается не столько в том, чтобы “старое сложное целое” расчленить на более простые части, сколько в том, чтобы при соединении, но уже желаемым образом модернизированных простых частей, они позволили бы образовать другое или “новое единое целое”.

При этом, процедуры анализа и синтеза взаимно дополняют и обогащают друг друга. Следует отметить, что применение аналитических методов приводит к наилучшим результатам только в тех случаях, когда целое удастся разбить на независимые части, поскольку проведение автономных исследований позволяет составить правильное представление о вкладе каждой из частей в эффективность системы в целом.

Однако случаи, когда система является простой или алгебраической суммой своих частей, на практике встречаются чрезвычайно редко. Как правило, роль или влияние каждой компоненты зависит от влияния других компонент, т.е. определяется их взаимовлиянием, вообще говоря, именно это свойство компонент и приводит к образованию системного эффекта. Действительно, если отобрать самые лучшие в мире: карбюратор, двигатель, фары, колеса, то скорее всего мы не только не получим самого лучшего в мире автомобиля, но и вряд ли сможем его собрать. Этот пример достаточно очевиден и подчеркивает насущную необходимость применения алгоритмов или соответствующих процедур, для анализа взаимосвязей между отдельными частями системы.

Содержание процедур анализа и синтеза систем, довольно часто заключается в решении соответствующих задач декомпозиции и агрегирования.

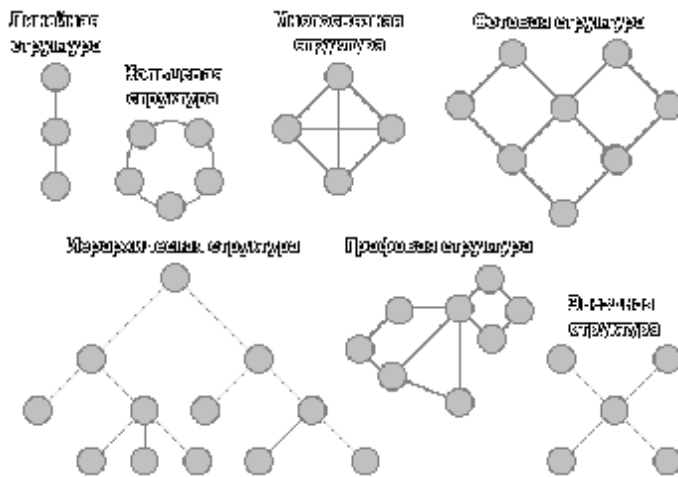
Алгоритм декомпозиции. Основной операцией анализа, как уже отмечалось, является разделение целого на части: *сложного - на простые; системы - на подсистемы* и т.д. При необходимости эта процедура может повторяться, что приводит к появлению иерархических древовидных структур. Обычно объект анализа достаточно сложен, слабо структурирован и плохо формализован, поэтому анализ его различными экспертами может привести к различным результатам, эти результаты зависят как от компетентности экспертов, так и от применяемых методик декомпозиции.

Трудности деления целого на части связаны с доказательством полноты и безизбыточности предлагаемого набора компонент. При решении таких вопросов, в большинстве случаев опираются на использование “*модели-основания декомпозиции*”. Под “*моделью-оснований*” обычно понимается набор формальных компонент, обеспечивающих эффективное разбиение системы в целом на части из ее отдельных элементов и характеристик. В общем случае, декомпозиция представляется как сопоставление объекта анализа с некоторой моделью, и выделение в нем того, что соответствует элементам применяемой модели, т.е. число частей деления целого на компоненты всегда должно быть равно числу элементов модели-основания декомпозиции. Установив, что декомпозиция осуществляется с помощью некоторой модели, на основе которой происходит расчленение целого на части, далее следует определить: какие элементы системы надо декомпонировать; какие модели оснований декомпозиции надо использовать.

Всякий анализ производится ради “*чего-то*” и именно эта цель анализа и определяет какую систему надо рассматривать в качестве объекта анализа.

Например, если в качестве исследуемого объекта рассматривать эффективность функционирования системы на уровне “*черного ящика*”, то анализу должны подвергаться множество входов и выходов системы.

Лекция 6. Основные виды структур и функциональные характеристики сложных систем.



Рассмотрим основные или типовые структуры, находящие широкое применение при проектировании систем различного назначения. Ряд структур показан на рисунке

Линейная структура - характеризуется тем, что каждая вершина связана с двумя соседними. При выходе из строя хотя бы одного элемента (связи) структура разрушается. **Кольцевая структура** - аналогична линейной (любые два элемента обладают двумя на-

правлениями связи), но отличается от нее замкнутостью связей. Это повышает скорость общения, делает систему более живучей. **Сотовая структура** - характеризуется наличием резервных связей, что повышает надежность функционирования (живучесть) структуры, но приводит к повышению стоимости. **Многосвязная структура** - имеет структуру полного графа, обладающую максимальной живучестью и высокой эффективностью функционирования, за счет наличия кратчайших путей, но при этом и ее стоимость тоже максимальна. **Иерархическая структура** - характеризуется распределением элементов системы по уровням иерархии. При этом все элементы, за исключением принадлежащих верхнему и нижнему уровням, обладают как командными, так и подчиненными функциями управления. Каждому уровню иерархии соответствует вполне определенное число исходящих и входящих связей. В частном случае, если в структуре имеется только один центральный элемент или узел, по отношению к которому все остальные элементы системы являются подчиненными, то структуру называют - **звездной**. Отметим, что иерархические структуры получили наиболее широкое применение при проектировании систем управления. **Графовая структура** - является инвариантной (независимой) по отношению к уровням иерархии и часто используется при описании производственно-технологических систем, поскольку допускает наличие смешанных структур, когда какой-либо элемент структуры заменяется новой структурой.

В целом структура является материальным носителем системо-технической деятельности по ликвидации проблемной ситуации, результативность которой во многом зависит именно от структуры.

Функциональные характеристики сложных систем. Решение задач анализа и синтеза сложных систем на этапе их проектирования, как правило, предполагает использование некоторых количественных оценок, отражающих как особенности поведения, так и основные свойства исследуемых систем. К числу таких оценок обычно относят: эффективность, надежность, помехозащищенность, качество управления, устойчивость, сложность.

Если законы поведения систем априорно известны, то указанные оценки могут быть определены теоретически, с использованием аналитических (точных) методов. Если же проведение теоретических исследований затруднено или нереализуемо, по той или иной причине, то оценки получают экспериментально, с помощью активных или пассивных экспериментов, т.е. за счет прямого (непосредственного) съема параметров системы, либо в результате косвенного определения их значений на основе имитационного моделирования, последнее возможно только при наличии соответствующего математического описания системы.

Лекция 7. Экспертные оценки

На первоначальных этапах, связанных с процедурами формализации и предварительной алгоритмизации решаемых, но плохо структурированных задач, как правило, приходится иметь дело с неполной, достаточно субъективной, а порой и неточной информацией. В силу этого, достаточно важно - приобрести не только теоретические знания, но получить навыки и умения в использовании методов сбора, согласования и обработки информации такого типа. В настоящее время, наиболее развитыми из таких методов, являются методы *экспертных оценок*.

Появление теории экспертных оценок, в первую очередь, связано с психологией и социологией. Применение экспертных оценок, включающих в свой состав набор специально разработанных приемов сбора, согласования и математической обработки исходных сведений, поступающих от эксперта или группы экспертов, является наиболее простым, доступным и достаточно надежным способом извлечения из *“окружающей среды”* априорной (начальной) информации, предназначенной для дальнейшего анализа. Результаты, полученные в рамках применения методов экспертных оценок, оказываются весьма полезными, например, при проектировании АСОИУ на этапах: технико-экономического обоснования; технического задания; эскизного проекта.

В некоторых случаях, например, в условиях существенной априорной неопределенности, экспертные оценки часто имеют самостоятельное значение и практический интерес, поскольку могут либо отсутствовать, либо быть существенно затруднены, любые другие подходы к получению объективных сведений о поведении объекта исследования.

Важно отметить, что экспертные оценки необходимо рассматривать шире, нежели как простой сбор и усреднение произвольно собранных точек зрения экспертов. При этом, достаточно очевидно, что заключительное слово об использовании результатов экспертных опросов, во-первых, всегда остается за исследователем и, во-вторых, экспертизу следует всегда рассматривать лишь как способ получения дополнительной информации, позволяющий уменьшить уровень исходной неопределенности.

Во многих прикладных исследованиях методы экспертных оценок применяются для выделения существенных факторов, имеющих ту или иную ясную физическую интерпретацию, с целью их последующего ранжирования. Обычно в таких ситуациях используют методы опроса, построенные на прямом или непосредственном ранжировании, т.е. когда полученные субъективные мнения обрабатываются методами ранговой корреляции. В целом же, предметные области применения экспертных оценок, в прочем как и методов сбора и обработки субъективной информации, достаточно обширны. Действительно, можно перечислить ряд следующих технико-экономических задач, аналогично [3], при решении которых использование экспертных оценок дает конкретную пользу:

- 1) Выбор целей исследования.
- 2) Выбор и построение критериев в задачах векторной оптимизации.
- 3) Принятие решений при управлении производством и выбор наилучшего варианта решения любой достаточно сложной проблемы в условиях неопределенности.
- 4) Задачи идентификации, начиная от выбора структуры модели и определяющих факторов и завершая приближенным построением зависимостей, а также их интерпретацией.
- 5) Построение эвристических алгоритмов управления.
- 6) Эргонометрические исследования.
- 7) Оценка качества продукции.
- 8) Системы обучения, основанные на построении различного рода сценариев и с целенаправленным использованием результатов опроса.
- 9) Планирование производства, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.
- 10) Классификация однотипных объектов по тем или иным основаниям.
- 11) Прогнозирование научно-технического прогресса.

Лекция 8. Автоматизированные системы управления предприятием

Автоматизированная система управления предприятием (АСУП) представляет собой человеко-машинную систему, обеспечивающую автоматизированный сбор и обработку информации, необходимой для оптимизации управления предприятием как автономно, так и в составе АСУ более высоких уровней иерархии, например, объединения или отрасли. Человеко-машинный характер АСУП связан с тем, что благодаря этой системе осуществляется управление не только средствами производства, но и трудовыми коллективами. При этом система должна не только способствовать созданию и поддержке деловой и творческой обстановки, но и заинтересовывать работников предприятия в повышении как производительности, так и качества их труда, а также обеспечивать условия для непрерывного повышения образовательного, профессионального и культурного уровня развития всех членов рабочего коллектива. Достаточно очевидно, что управление “человеческим фактором” не может быть полностью передано ЭВМ. Действительно, на основе вычислительной техники, создаются и внедряются автоматизированные системы различного назначения, с помощью которых (в процессе их нормального функционирования и с использованием соответствующих информационно-программных и аппаратно-технических средств) выполняется обработка производственной информации и подготовка соответствующих управленческих решений, например, на базе систем информационной поддержки принятия решений. Принципиально важным моментом здесь является то, что ведущая роль в окончательном выборе и принятии решения, как правило, остается за руководителем - *лицом принимающим решение (ЛПР)*.

Иначе говоря, сущность АСУП заключается в том, что это, во-первых, человеко-машинная, во-вторых, организационно-экономическая и, в-третьих, информационно-экспертная система, охватывающая процесс управления всеми сторонами производственно-хозяйственной деятельности предприятия, понимаемой в широком смысле.

Предприятие как объект управления всегда является сложной системой, состоящей из многочисленных и взаимосвязанных между собой подсистем и элементов разной природы: технических, технологических, организационных, экономических, социальных и т.д. Конечно, процессы функционирования систем автоматизированного управления в значительной степени определяются процессами, которые протекают в объекте управления, но не только. Весьма характерно, что наличие процесса управления всегда предполагает, с одной стороны, существование двух отдельных частей - объекта управления и управляющего органа, а с другой стороны, их объединение в рамках автоматизированной системы управления, а также постоянное взаимодействие этой системы с внешней средой. Под объектом управления, в общем случае, понимается элемент системы управления, обеспечивающий выпуск определенных конечных продуктов и требующий для нормального функционирования систематического контроля и регулирования. Орган управления - элемент системы управления, обеспечивающий целенаправленное слежение за функционированием объекта с учетом возможных помех и сбоев, т.е. приведение его в нормальное или заданное состояние. В такой ситуации под управлением следует понимать целенаправленное воздействие органа управления, обеспечивающее поддержание и улучшение функционирования управляемого объекта в соответствии с заданной программой или целью. При разработке АСУП существенными оказываются две составляющие: подготовленность производства к внедрению автоматизированного управления и качество принятых проектных решений по создаваемой системе управления. Особенно важным является определение основных направлений эффективного развития автоматизированного управления на современном предприятии. К таким направлениям можно отнести следующие: совершенствование организационной структуры управления предприятием; рациональное использование вычислительных ресурсов; увеличение числа решаемых оптимизационных задач; интегральная автоматизация производства на всех уровнях иерархии управления; унификация и типизация проектных решений; автоматизация проектирования АСУП.

Лекция 9. Уровни управления и автоматизация. Состав и структура АСУТП.

Функционирование любого объекта управления представляет собой пространственно-временной процесс взаимодействия его элементов, направленный на достижение намеченных целей в условиях действия внешних возмущений и осуществляемый за счет использования имеющихся в наличии ресурсов.

При анализе процесса функционирования промышленного предприятия часто возникает потребность в декомпозиции его структуры в силу сложности исследуемого процесса. При этом в основу разбиения структуры по уровням могут быть заложены различные виды иерархии, среди которых наиболее характерными для современного производства являются: временная, пространственная, функциональная информационная.

При анализе производства с позиции *временной* иерархии основным классификационным признаком обычно является интервал времени от момента поступления информации о состоянии объекта в управляющий орган до момента выдачи управленческих решений (управляющих воздействий), причем чем больше этот интервал, тем выше уровень или ранг рассматриваемого элемента системы. Выбор интервала выдачи или дискретизации управления осуществляется, как правило, исходя из критериев, определяющих устойчивость и эффективность системы. Общепринято при управлении предприятием выделять следующие уровни временной иерархии: пятилетний; годовой; квартальный; месячный; сменно-суточный; реального времени. Основанием для декомпозиции объекта управления по *пространственной* иерархии обычно является “место”, которое он занимает.

Ввиду субъективности этого параметра его применение целесообразно лишь по отношению к элементам одного объекта управления, в частности, по этому классификационному признаку могут быть выделены следующие структурные уровни: объединение; предприятие; цех; участок; рабочее место.

Функциональная иерархия предприятия основывается на рассмотренной выше классификации функций управления, а также существующей линейной структуре управления предприятием

директор → *зам. директора* → *начальник цеха* → *начальник участка* → *бригадир*.

В основу *информационной* иерархии могут быть положены классификационные признаки оперативности и обновляемости информации. На первом уровне хранится и обрабатывается часто обновляемая информация, необходимая для реализации функций оперативно-календарного планирования и регулирования. Следующие уровни - это уровни обобщения статистической информации о функционировании объекта (месячный, квартальный и т.д.), а также, информационные уровни для проведения перспективного и текущего планирования. Предложенный многоаспектный *иерархический подход* к управлению позволяет перейти к рассмотрению вопросов его автоматизации, в частности, к анализу проблемы с точки зрения многоуровневой автоматизации процесса управления на предприятии. Такой анализ, с учетом вышеизложенного, позволяет выделить три следующих уровня автоматизации: технологический; производственный; административный (учрежденческий). На *технологическом* уровне автоматизации решаются проблемы создания гибких автоматизированных систем, представляющих собой высоко автоматизированное и управляемое программно (с помощью ЭВМ) производство, сочетающее высокую производительность и интенсификацию производственного процесса с достаточной универсальностью и возможностями адаптации под изменяющиеся условия функционирования. На *производственном* уровне автоматизации реализуются задачи управления предприятием в целом, где решаются вопросы материально-технического снабжения, технической подготовки производства, технико-экономического планирования, сбыта и реализации продукции и т.д. На *административном* уровне автоматизации обеспечивается деятельность аппарата управления по решению задач экономической и организационно-распределительной работы.

Лекция 10. Оптимальные и адаптивные системы автоматического управления

Применение общей теории управления к сложным техническим системам, таким, как роботы, гидравлические системы, летательные аппараты, технологические агрегаты и установки, является весьма трудной задачей ввиду сложности, существенной нелинейности и нестационарности их математических моделей.

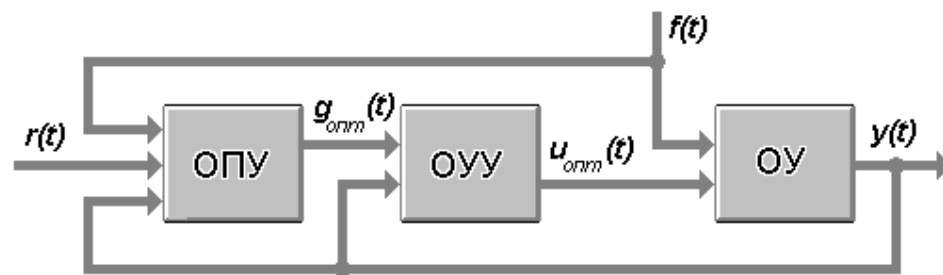
При этом, например, синтез оптимального управления, т.е. которое удовлетворяло бы заданной задаче управления и в тоже время минимизировало соответствующий критерий качества, является еще более сложной задачей. Если же параметры объекта управления оказываются неизвестными, то проблема оптимизации становится чрезвычайно сложной.

В данном разделе приведена общая характеристика и классификация задач оптимального управления, а также рассмотрены принципы построения некоторых классов адаптивных систем управления, т.е. систем управления, которые ориентированны на динамические объекты, функционирующие в условиях априорной (начальной) неопределенности.

Характеристика систем оптимального управления. Современные технологические процессы (ТП) являются не только сложными системами, но и, как правило, состоящими из большого числа технологических элементов (агрегатов, установок). Структура систем управления такими ТП обычно имеет несколько уровней иерархии, на каждом из которых решаются свои задачи управления.

Среди этого множества задач, далее обсуждаются лишь те их них, которые наиболее характерны для нижнего уровня иерархии управления (уровня АСУ ТП), а именно, задачи автоматического управления и, в частности, задачи оптимального и адаптивного управления.

Постановка задач оптимального управления. В системах автоматического управления (САУ) проблема оптимизации, как правило, сводится к решению вопросов определения (синтеза) оптимального управляющего воздействия, при этом, если закон управления задан (уравнение регулятора известно), то оптимизация заключается в определении наилучших в некотором смысле значений параметров регулятора. Наиболее общий случай такой структуры САУ показан на рисунке



которая состоит из:

оптимального программного устройства (ОПУ), вырабатывающего оптимальное программное воздействие $g_{opt}(t)$ и определяющее соответствующий оптимальный режим работы системы на основании полного объема входной и выходной информации (известно задающее воздействие $r(t)$ и доступны измерению не только координата $y(t)$, но и весь набор внешних возмущений $f(t)$);

оптимального управляющего устройства (ОУУ), вырабатывающего оптимальное управление $u_{opt}(t)$, в соответствии с $g_{opt}(t)$ и текущим поведением $y(t)$ - выхода объекта управления (ОУ).

Лекция 11. Аналитическое конструирование оптимальных регуляторов.

Одной из задач современной теории автоматического управления является синтез технических систем, оптимально удовлетворяющих заданным показателям качества их функционирования. Такая задача наиболее часто означает выбор оптимальной структуры системы и определение оптимальных значений ее параметров, обеспечивающих режим функционирования системы управления наилучшим образом, т.е. в смысле минимума или максимума некоторого функционала качества.

Развитие принципов построения оптимальных автоматических систем позволило поставить задачу синтеза в терминах единых формализованных оснований, отвечающих существу задач оптимального управления. Впервые это было сделано у нас в стране А.М.Летовым, который разработал подход, названный им *аналитическим конструированием регуляторов* (АКР) и примененный для решения задачи оптимальной стабилизации линейных стационарных объектов при квадратичном функционале качества. Аналогичные работы за рубежом связаны с именем Р.Калмана, в которых решалась задача оптимизации линейных, нестационарных объектов.

В настоящее время под задачей АКР понимают проблему аналитического нахождения алгоритма работы управляющего устройства замкнутой системы, обеспечивающего наилучшее качество функционирования системы в рамках формализованного описания качества определенным функционалом.

Существуют многочисленные модификации задачи АКР. В данном разделе рассматриваются лишь две из них, а именно - задача синтеза системы управления оптимальной по быстродействию и задача оптимального управления линейным объектом с квадратичным функционалом качества.

Синтез системы оптимальной по быстродействию. Рассмотрим задачу построения в замкнутой системе управления регулятора оптимального по быстродействию, обеспечивающего перевод линейного стационарного полностью управляемого объекта из любой начальной точки в начало координат.

Пусть объект управления описывается уравнением

$$\frac{dx}{dt} = A * x + B * u_*, \quad x(t_{нач}) = x(0), \quad x(t_{кон}) = 0, \quad (4.16)$$

где $x = \text{col}(x_1, \dots, x_N)$ - вектор состояния; u_* - скалярное управление, ограниченное по модулю $-U_{min} \leq u_* \leq U_{max}$, $U_{min}, U_{max} = \text{const} > 0$;

A, B - соответственно, матрица и вектор, причем матрица A имеет только вещественные корни. Известно, согласно *теореме об N -интервалах*, что для полностью управляемого объекта оптимальное управление имеет не более N -интервалов постоянства (имеется ввиду случай вещественных корней матрицы A) и которое принимает только крайние значения, $u_{opt} = -U_{min}$ или $u_{opt} = U_{max}$.

Для удобства последующих преобразованием, приведем математическое описание системы (4.16), (4.17) к следующему виду:

$$\frac{dx}{dt} = A * x + B * u, \quad |u| \leq 1, \quad x(t_{нач}) = x(0), \quad x(t_{кон}) = 0, \quad (4.18)$$

для этого достаточно ввести обозначение

$$u = \frac{2u_* - U_{max} + U_{min}}{U_{max} + U_{min}},$$

из которого очевидно, что при $u_{opt} = -U_{min}$ получаем

$$u = \frac{-2u_{min} - U_{max} + U_{min}}{U_{max} + U_{min}} = -1, \quad \text{а при } u_{opt} = U_{max} \text{ имеем } u = \frac{2u_{max} - U_{max} + U_{min}}{U_{max} + U_{min}} = 1.$$

Лекция 12. Синтез оптимальных систем методом динамического программирования

Р.Беллман разработал метод оптимизации для систем, в которых протекают многошаговые процессы и у которых решение задачи оптимизации на каждом последующем шаге управления, однозначно определяется текущим положением системы в фазовом пространстве, достигнутом под действием управления на предыдущем шаге. Метод получил название **метода динамического программирования**, в основе которого лежат следующие составные элементы: *принцип оптимальности*, формулирующий **правило** решения задачи; *инвариантное (независимое) погружение* - **способ**, позволяющий упростить процедуру нахождения искомого решения; *функциональное уравнение*, определяющее оптимальный процесс и представляющее собой - **результат** применения принципа оптимальности и инвариантного погружения.

Идейное содержание метода динамического программирования. Основная идея метода связана с **инвариантным погружением**, т.е. с включением исходной задачи в семейство аналогичных оптимизационных задач, среди которых вначале находятся решения наиболее простых задач, а затем, с помощью некоторых соотношений (связывающих отдельные задачи между собой), определяется решение исходной и более сложной задачи.

В общем случае, **принцип оптимальности** гласит: *оптимальная стратегия обладает свойством, что каким бы ни было начальное состояние или начальное решение, последующее решение должно быть оптимальным по отношению к состоянию, возникшему в результате предыдущего решения.*

Поскольку в задачах оптимального управления "**оптимальность**" определяется - критерием оптимальности $J(u, x, t)$, "**состояние**" - фазовым вектором $x(t)$, а "**стратегия**" - управлением $u(t)$ на интервале $[t_{нач}, t_{кон}]$, то нахождение оптимальной стратегии означает - выбор оптимального управления.

Если рассмотреть задачу оптимального управления

$$\frac{dx}{dt} = f(x, u, t), \quad (4.29)$$

$u(t)$ принадлежит ограниченному множеству U ,

$$x(t_{нач}) = x(t_{н}) = x(0), x(t_{кон}) = x(t_{к}) = x(T), T = t_{кон} - t_{нач}, \quad (4.30)$$

$$J = G_0[x(t_h), t_h] + \int_{t_i}^{t_k} F_0(x, u, t) dt \rightarrow \min_{u(t)} \quad (4.31)$$

то принцип оптимальности для системы (4.29)-(4.31) можно сформулировать следующим образом: для оптимальности допустимой пары $(u_{опт}(t), x_{опт}(t))$ в задаче (4.29)-(4.31) **необходимо**, чтобы при любом $t_* \in [t_{нач}, t_{кон}]$ управление $u(t)$, формируемое в момент времени $t \in [t_*, t_{кон}]$, было бы оптимальным относительно состояния $x_{опт}(t_*) = x(t_*)$, т.е. состояния в котором объект оказался под воздействием управления $u_{опт}(t)$, сформированного в момент времени t на предыдущем интервале $[t_{нач}, t_*]$.

Этот принцип оптимальности называется **прямым**, т.к. он сформулирован в "**прямом**" (возрастающем) времени.

Докажем данный принцип оптимальности "**от противного**". Пусть сформулированное утверждение неверно, т.е. существует управление $u_{доп}(t)$ на интервале $[t_*, t_{доп.кон}]$, переводящее объект из точки $x_{опт}(t_*)$ в точку $x_{доп}(t_{доп.кон})$, при котором функционал

$$J_2(u(t), t_*, t_h) = G_0[x(t_h), t_h] + \int_{t_*}^{t_k} F_0(x, u, t) dt,$$

будет удовлетворять неравенству

$$J_2(u_{доп}(t), t_*, t_{доп.кон}) < J_2(u_{опт}(t), t_*, t_{опт.кон}),$$

где $u_{опт}(t)$ - управление на интервале $[t_*, t_{опт.кон}]$.

Лекция 13. Синтез линейных стационарных систем оптимальных по интегральному квадратичному критерию

Рассмотрим задачу оптимального управления с закрепленными концами $[x(t_{\text{нач}})=x(0), x(t_{\text{кон}})=0]$ и нефиксированным временем, при $t_{\text{кон}}$ стремящемся в бесконечность, т.е. задачу построения оптимальной системы управления со следующим математическим описанием:

$$\frac{dx}{dt} = A * x + B * u, x \in \mathfrak{R}^N, u \in \mathfrak{R}^M, \quad (4.42)$$

$$J = \int_{t_0}^{t_k} [x^T(t) * Q * x(t) + u^T(t) * R * u(t)] dt \rightarrow \min_{u(t)} \quad (4.43)$$

где $Q=Q^T>0, R=R^T>0$ - положительно определенные матрицы, соответствующего размера.

Уравнение Беллмана имеет вид

$$\min_{u(t)} \left\{ x^T(t) * Q * x(t) + u^T(t) * R * u(t) + \frac{\partial S}{\partial x} * (A * x + B * u) \right\} = 0, \quad (4.44)$$

где функция Беллмана представляет собой соотношение

$$S(x) = \min_{\substack{u(t) \\ t_* \leq t \leq \infty}} \left\{ \int_{t_*}^{\infty} [x^T(t) * Q * x(t) + u^T(t) * R * u(t)] dt \right\}.$$

Для (4.44), используя необходимое условие экстремума функции, получаем

$$2u^T * R + \frac{\partial S}{\partial x} * B = 0, \text{ откуда следует } u_{\text{opt}} = -\frac{1}{2} R^{-1} * B^T * \left(\frac{\partial S}{\partial x} \right)^T,$$

Подставляя найденное оптимальное управление в соотношение (4.44), получаем выражение

$$x^T * Q * x - \frac{1}{4} \frac{\partial S}{\partial x} * B * R^{-1} * B^T * \left(\frac{\partial S}{\partial x} \right)^T + \frac{\partial S}{\partial x} * A * x = 0. \quad (4.45)$$

Будем искать решение в виде квадратичной формы от фазового вектора

$$S(x) = x^T * K * x, \quad (4.46)$$

при этом следует отметить, что если бы $t_{\text{кон}}$ было бы ограниченным, то и для постоянных матриц A, B, Q и R , матрица K в оптимальном законе управления была бы функцией времени. В рассматриваемом случае, как станет ясно из дальнейшего, при $t_{\text{кон}}$ стремящемся в бесконечность, матрица K оказывается постоянной и определяется из *алгебраического уравнения Риккати*.

Так как из (4.46) легко определяется частная производная

$$\frac{\partial S}{\partial x} = 2x^T * K, \quad (4.47)$$

то подставляя (4.47) в (4.45) получаем следующий результат:

$$x^T * (Q - \mathcal{K} * B * R^{-1} * B^T * \mathcal{K} + \mathcal{K} * A + A^T * \mathcal{K}) * x = 0,$$

откуда очевидно, что матрица K должно удовлетворять уравнению

$$Q - \mathcal{K} * B * R^{-1} * B^T * \mathcal{K} + \mathcal{K} * A + A^T * \mathcal{K} = 0, \quad (4.48)$$

названному - *алгебраическим уравнением Риккати*.

Следовательно, оптимальное управление, с учетом (4.47), окончательно определится в виде $u_{\text{opt}}(t) = -R^{-1} * B^T * K * x(t)$, т.е. является линейной функцией фазовых координат объекта управления. Отметим, что из уравнения (4.46) и определения функции Беллмана следует, что при любом $t \geq 0$ и оптимальном управлении, справедливо равенство

$$S(x) = x^T * K * x = \int_{t_*}^{\infty} [x^T(t) * Q * x(t) + u^T(t) * R * u(t)] dt.$$

Лекция 14. Управление в условиях априорной неопределенности. Условия структурного согласования объекта и модели.

Рассматривая в качестве основного - *класс беспоисковых самонастраивающихся систем управления (БСНС)* отметим, что при их построении используется несколько различных способов аналитического определения условий достижения поставленной цели управления, которые основываются: на компенсационных (принцип инвариантности или сравнения с эталонной моделью) и идентификационных подходах.

Далее подробно исследуются беспоисковые *адаптивные системы управления с эталонной моделью (АСЭМ)* и беспоисковые адаптивные системы управления с идентификатором.

Рассматривая АСЭМ, в первую очередь отметим, что *эталонная модель может быть в системе задана явно (ЯЭМ) и неявно (НЭМ)*, т.е. реализация возможна в виде системы с моделью, которая физически включена в структурную схему (АСЯЭМ), а также с помощью системы в которой эталонная модель определена некоторым аналитическим выражением, описывающим желаемые свойства системы (*обычно в установившемся режиме*) и не имеющим физического представления в виде конкретного технического блока (АСНЭМ). АСЯЭМ имеют различные структуры, среди которых наиболее типичными являются АСЯЭМ с параллельной моделью.

Условия структурного согласования объекта и модели. Принцип работы АСЯЭМ состоит в следующем, если $e(t)=y_m(t)-y(t)\neq 0$, т.е. выход объекта не соответствует желаемому поведению, то контур самонастройки осуществляет изменение настраиваемых коэффициентов *адаптивного регулятора (АР)*, который формирует такое управление $u(t)$, которое действуя на объект заставляет $y_m(t)-y(t)\rightarrow 0$. Очевидно, что при $e(t)=0$, контур самонастройки перестает изменять коэффициенты АР, т.к. поведение выхода объекта идентично поведению выхода ЭМ. В таком случае часто говорят о «*совершенном слежении за моделью*». Итак, по окончании процесса адаптации, т.е. начиная с некоторого момента времени (t_1) можно полагать выполненным условие $e(t)=0$ или считать отключенным дополнительный контур, если конечно $f(t)=0$ при $t_1\leq t$. При этом, если объект управления линеен, то по завершению процесса адаптации всю систему управления можно представить в виде эквивалентной схемы линейной системы, где K_1, K_2, K_3 - матрицы постоянных коэффициентов усиления по векторным переменным $r(t), y_m(t)$ и $y(t)$. Теперь рассмотрим следующую задачу: *для заданной эталонной модели и объекта с фиксированными параметрами требуется определить условия, которым должны удовлетворять матрицы K_1, K_2, K_3 , чтобы для любого $r(t)$ из класса кусочно-непрерывных векторных функций и при любых начальных условиях, имело место выполнение требований $e(t)=0, \frac{de(t)}{dt}=0$.*

Опишем систему следующими уравнениями эталонной модели, объекта управления регулятора и

$$\frac{dy_M(t)}{dt} = A_M * y_M(t) + B_M * r(t); \quad (4.50)$$

$$\frac{dy(t)}{dt} = A * y(t) + B * u(t); \quad (4.51)$$

$$u(t) = -K_3 * y(t) + K_2 * y_m(t) + K_1 * r(t), \quad (4.52)$$

полагая векторы $y_m(t), y(t)$ - n -мерными, а $u(t), r(t)$ - m -мерными. Заметим, что фазовый вектор в рассматриваемой системы полностью измеряем, т.е. вектор выхода объекта совпадает с вектором пространства состояния.

Кроме того, пусть пары (A, B) и (A_M, B_M) - стабилизируемы, причем матрица A_M , - гурвицева. Последнее требование является необходимым условием, которое гарантирует возможность построения работоспособной системы управления, поскольку при его выполнении обеспечивается асимптотическая устойчивость эталонной модели.

Лекция 15. Синтез по критерию гиперустойчивости беспоисковых систем адаптивного управления.

На этапе проектирования систем автоматизации возникает ряд инженерных проблем, в том числе и проблема, связанная с вопросами устойчивости систем управления. В случае нелинейной системы, наряду с широко применяемым *прямым методом Ляпунова* или *критерием абсолютной устойчивости Попова В.М.*, исследование устойчивости может основываться и на относительно новых в теории систем понятиях, в частности, на таких понятиях как *положительность и гиперустойчивость*, объединенных в единый метод рамками критерия гиперустойчивости.

Концепцию гиперустойчивости сформулировал Попов В.М., который обобщив так называемое условие сектора, расширил класс устойчивых в целом систем управления с нелинейной обратной связью. Напомним, что нелинейная система управления называется устойчивой в целом тогда и только тогда, когда ее фазовые координаты стремятся в начало координат при любых начальных условиях и отсутствии внешних воздействий.

Кроме того, нелинейную функцию считают удовлетворяющей условию сектора тогда, когда $F(z)$ является однозначной и не убывающей

$$\frac{dF(z)}{dz} = 0,$$

а также удовлетворяющей условиям сектора $F(0)=0, 0 \leq z^*F(z) \leq k^*z^2$.

Рассмотрим замкнутую систему управления, показанную на рис. 4.9, при отсутствии внешних возмущений, $f(t)=0$. Будем полагать, что ЛСЧ системы описывается уравнением состояния

$$\frac{de(t)}{dt} = A * e(t) + B * q(t) \quad (4.62)$$

и уравнением выхода

$$z(t) = L^T * e(t) + J * q(t), \quad (4.63)$$

а описание ННЧ системы определено уравнением обратной связи вида

$$v(t) = F(z, t), \quad q(t) = -v(t), \quad (4.64)$$

где $e(t)$, $z(t)$ и $q(t)$ - соответственно, n -мерный вектор состояния и m -мерные векторы выхода и управления; $m < n$; $F(z, t)$ - векторный функционал; A, B, L, J - постоянные матрицы соответствующего размера; пара (A, B) полностью управляема; пара (L, A) полностью наблюдаема.

Следуя работам Попова В.М., для системы (4.62)-(4.64) введем так называемую *присоединенную систему*, т.е. дополним ее описание интегралом вида

$$h(0, t) = \int_0^t v^T(s) * z(s) ds, \quad (4.65)$$

и для системы (4.62)-(4.65) дадим следующее определение:

Определени. Присоединенная система (4.62)-(4.65) *называется гиперустойчивой*, если найдутся такие положительные константы d_0, d_1, h_0, h_1 , что любое решение системы (4.62)-(4.65) будет удовлетворять соотношению

$$\|e(t)\| < d_0 + d_1 * \|e(0)\|, t > 0, \quad (4.66)$$

а также будет выполняться *интегральное неравенство Попова (ИНП)*

$$h(0, t) = \int_0^t v^T(s) * z(s) ds = - \int_0^t q^T(s) * z(s) ds > -h_0 - h_1 * \sup_{0 < s < t} \|e(s)\|, \quad (4.67)$$

где $\sup_{0 < s < t} \|e(s)\|$ - максимальное значение евклидовой нормы $\|e(s)\|$.

Лекция 16. Прямой и идентификационный алгоритмы адаптации.

Перед тем как приступить к решению задач синтеза прямых или идентификационных алгоритмов адаптивного управления, остановимся на характеристике уровня априорной неопределенности объекта и гипотезе квазистационарности, а также на понятии об идентификации объекта управления.

Уровень априорной неопределенности. Рассмотрим объект управления, возмущенное движение которого описывается уравнениями

$$\frac{dx(t)}{dt} = A(t) * x(t) + B(t) * u(t) + f(t), \quad (4.84)$$

$$y(t) = L^T(t) * x(t), \quad (4.85)$$

где $x(t)$ - n -мерный вектор состояния объекта; $y(t)$ - l - мерный вектор выхода (измеряемых переменных объекта); $u(t)$ - m -мерный вектор управления; $f(t)$ - n -мерный вектор возмущений; $A(t)$, $B(t)$, $C(t)$ и $L(t)$ - матрицы, в которых все или отдельные элементы являются неопределенными (в той или иной степени) параметрами.

Природа неопределенных параметров может быть различной:

неточное знание математической модели объекта, например, не определены порядки числителя и знаменателя передаточной функции объекта в форме «*вход-выход*»;

неполная информация о программном движении, например, неизвестны моменты времени перехода объекта с одного режима работы на другой;

разброс параметров в пределах технологических допусков, например, параметры матриц в уравнениях (4.84), (4.85) известны с точностью до диапазона;

«*износ*» элементов объекта и т.п.

Объем сведений о параметрах объекта или уровень априорной неопределенности его математического описания может быть различным.

Если упорядочить эти сведения по мере возрастания уровня априорной неопределенности, то относительно рассматриваемых в дальнейшем систем управления можно выделить следующие типовые случаи: параметры объекта, элементы матриц $A(t)$, $B(t)$, $L(t)$ - точно известные функции времени, т.е. имеет место нулевой уровень неопределенности или, другими словами, параметры объекта фактически полностью определены; параметры объекта, элементы матриц $A(t)$, $B(t)$, $L(t)$ заранее неизвестные функции, но они могут быть измерены в процессе работы объекта; параметры объекта, элементы матриц $A(t)$, $B(t)$, $L(t)$ являются случайными функциями времени с известным законом распределения и известными параметрами этого закона; тоже, что и в предыдущем случае, но параметры закона распределения могут быть неизвестны, например, неизвестна корреляционная функция; параметры объекта, элементы матриц $A(t)$, $B(t)$, $L(t)$ являются произвольными, но ограниченными по модулю функциями времени, т.е. удовлетворяют неравенствам типа

$$\begin{aligned} |A_{ij}(t)| \leq A_{0ij} = const, i, j = 1, 2, \dots, n; |B_{ij}(t)| \leq B_{0ij} = const, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m; \\ |L_{ij}(t)| \leq L_{0ij} = const, i = 1, 2, \dots, l, j = 1, 2, \dots, m; \end{aligned} \quad (4.86)$$

Случай (4.86) далее рассматривается как основной, но предполагается, что параметры объекта $A_{ij}(t)$, $B_{ij}(t)$, $L_{ij}(t)$ в уравнениях (4.84), (4.85) изменяются медленнее, чем его переменные состояния $x(t)$ - *гипотеза квазистационарности*.

Здесь имеется ввиду достаточно широко распространенная на практике ситуация, когда могут быть последовательно выделены некоторые интервалы времени, пусть для простоты равные друг другу, и удовлетворяющие следующему условию $(t_1 - t_0) \gg t_{pez}$, где t_{pez} - время затухания переходных процессов по каждой из переменных состояния, внутри которых, т.е. при $t_0 \leq t \leq t_1$, имеют место приближенные равенства

$$\frac{dA_{ij}(t)}{dt} \approx 0, \frac{dB_{ij}(t)}{dt} \approx 0, \frac{dL_{ij}(t)}{dt} \approx 0.$$

Лекция 17. Синтез алгоритмов прямого адаптивного управления

Как уже отмечалось ранее, в рамках подхода с эталонной моделью, при построении систем прямого адаптивного управления способ задания эталона может быть как явным, так и неявным.

Ниже рассматривается только случай синтеза АСЭМ с **явной эталонной моделью** (АСЯЭМ).

Постановка задачи синтеза АСЯЭМ. Для объекта, описываемого уравнениями

$$\frac{dx(t)}{dt} = A * x(t) + B * u(t) + f(t), \quad y(t) = L^T * x(t), \quad (4.91)$$

и функционирующего в условиях априорной неопределенности

$$A=A(\xi), \quad B=B(\xi), \quad f(t)=f_\xi(t), \quad \xi \in \Xi. \quad (4.92)$$

где ξ - набор неизвестных параметров, принадлежащий заданному множеству Ξ ; **требуется обеспечить желаемое движение объекта управления**, т.е. добиться динамического соответствия в поведении объекта и эталонной модели, заданной уравнениями

$$\frac{dx_M(t)}{dt} = A_M * x_M(t) + B_M * r(t), \quad y_M(t) = L_M^T * x_M(t), \quad (4.93)$$

где $r(t)$ - задающее воздействие и $L_M=L$; условия структурного согласования объекта и модели имеют вид

$$A_M - A = B * c_0 * g^T * L^T, \quad B_M = B * K_0,$$

При этом, используя адаптивный регулятор заданной структуры

$$u(t) = \kappa(t) * r(t) + c(t) * g^T * y(t), \quad (4.94)$$

где $g = const$ - некоторый вполне определённый вектор; **необходимо за счет беспойсковой самонастройки** его коэффициентов (явный вид алгоритмов подлежит определению в ходе решения задачи синтеза)

$$\kappa(t) = F_1(r, y, t), \quad c(t) = F_2(r, y, t), \quad (4.95)$$

обеспечить достижение следующих целевых условий:

1) при возмущениях, обладающих свойствами

$$\int_0^\infty \|f_x(t)\|^2 dt < \infty, \quad (4.96)$$

выполнение цели управления

$$\lim_{t \rightarrow \infty} [x_M(t) - x(t)] = 0, \quad (4.97)$$

и цели адаптации

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \kappa(t) = k_0 = const, \quad \lim_{t \rightarrow \infty} c(t) = c_0 = const; \quad (4.98)$$

2) при возмущениях со свойствами

$$\|f_x(t)\| < f_0 = const, \quad (4.99)$$

выполнение цели управления

$$\lim_{t \rightarrow \infty} [x_M(t) - x(t)] \leq \gamma_0 = const, \quad (4.100)$$

и цели адаптации

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \kappa(t) \leq k_0 = const, \quad \lim_{t \rightarrow \infty} c(t) \leq c_0 = const. \quad (4.101)$$

Лекция 18. Синтез адаптивных алгоритмов параметрической идентификации

Построение данного класса адаптивных систем управления, как уже отмечалось, опирается на решение двух задач:

во-первых, задачи идентификации (определении) априорно неизвестных параметров объекта управления;

во-вторых, задачи построения замкнутой системы управления с желаемыми динамическими характеристиками.

Поскольку вторая из указанных задач является классической задачей теории автоматического управления, решение которой хорошо известно, подробно остановимся лишь на решении первой задачи.

Среди различных методов и способов синтеза систем параметрической идентификации рассмотрим только способ, основанный на методах адаптации с применением настраиваемой модели.

Постановка задачи параметрической идентификации. Пусть объект идентификации, описываемый уравнениями

$$\frac{dx(t)}{dt} = A * x(t) + B * r(t), y(t) = x(t), \quad (4.124)$$

где матрица A - гурвицева, функционирует в условиях априорной неопределенности

$$A=A(\xi), B=B(\xi), \quad (4.125)$$

где ξ - набор неизвестных параметров, принадлежащий известному множеству Ξ . Причем структура матрицы A и вектора B , входящих в уравнении (4.124) такова, что их можно представить в виде $A=(A_{HHT}+B_0*C_0^T)$, $B=B_0*K_0$, где B_0 , C_0 и K_0 - некоторые, соответственно, известный вектор и неизвестные векторная и скалярная величины; A_{HHT} - нильпотентная матрица, т.е. матрица обладающая следующей структурой:

$$A_{nn} = \begin{pmatrix} 0100\dots00 \\ 0010\dots00 \\ 0000\dots00 \\ \dots\dots\dots\dots \\ 0000\dots10 \\ 0000\dots01 \\ 0000\dots00 \end{pmatrix}$$

Ставится задача определения априорно неизвестных матрицы A и вектора B с помощью настраиваемой модели, описываемой уравнениями

$$\frac{dx_n(t)}{dt} = N * (x_n(t) - x(t)) + A_n(t) * x(t) + B_n(t) * r(t), y_n(t) = x_n(t), \quad (4.126)$$

где матрица N - гурвицева, а матрица $A_n(t)$ и вектор $B_n(t)$ имеют структуры, заданные в виде

$$A_n(t) = A_{HHT} + B_0 * C^T(t), B_n(t) = B_0 * K(t), \quad (4.127)$$

таким образом, чтобы были выполнены следующие целевые предельные условия:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} (x(t) - x_n(t)) = 0, \quad (4.128)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} (A_{nn} + e_0 * „^T(t)) = A_{nn} + e_0 * „_0^T = A = const, \quad (4.129)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} B_n(t) = \lim_{t \rightarrow \infty} B_0 * K(t) = B_0 * K_0 = B = const. \quad (4.130)$$

Лекция 19. Характеристика состава и структуры гибких автоматизированных производств

Гибкое автоматизированное производство (ГАП), чаще всего объединяет в своем составе: совокупность основного обрабатывающего оборудования; транспортно-складскую систему; вспомогательные участки; интегрированную систему управления.

Придание автоматизируемым производствам гибкости, как правило, достигается на стадии проектирования ГАП и осуществляется за счет применения *модульного принципа построения* их структур (см. рис. 5.1), позволяющего на основе типовых проектных модулей как формировать различные ГАП, так и перенастраивать или развивать их структуры при изменении требований или условий функционирования автоматизируемых производств.

Базовым модулем структуры любого ГАП является *гибкий производственный модуль* (ГПМ) - единица основного технологического оборудования, обладающая следующими характеристиками: наличием устройства программного управления; автоматической подачей заготовок; удалением отходов; контролем качества изделий, оборудования и инструмента; возможностью использования как в автономном режиме работы, так и в составе системы более высокого уровня. Управление ГПМ осуществляется *автономно-локальной программируемой системой управления*, что придает модулю универсальный характер и позволяет компоновать на его основе различные технологические структуры автоматизированных систем управления гибкими производствами. В организационном плане - из набора ГПМ формируется *нижний уровень автоматизированных систем управления*, на основе которого строится следующий организационный уровень управления - *гибкая производственная линия* (ГПЛ). ГПЛ - совокупность ГПМ, объединенных автоматизированной диспетчерской системой управления, обладающая следующими признаками: наличием транспортно-складской системы для заготовок, полуфабрикатов, готовых изделий, инструмента, оснастки, отходов; возможностью переналадки в рамках технических характеристик ее компонент; ориентацией на один поток выпускаемых изделий (объединение не-нескольких ГПЛ, т.е. ряда потоков изделий, образует *гибкий производственный участок* (ГПУ)). *Транспортно-складская система* ГПУ предназначена для организации и физической реализации материальных потоков деталей и инструмента в ГАП. К основным функциям, выполняемым транспортно-складской системой, относятся следующие виды работ с деталями и оснасткой: хранение; адресный поиск; выдача и принятие; перемещение в пространстве (доставка на рабочие позиции ГПМ и возвращение в ячейку хранения). Выполнение основных функций может обеспечиваться как отдельными системами транспортирования и складирования, так и единой системой, т.е. когда одна из систем берет на себя функции другой.

Взаимодействие автономных систем складирования и транспортирования реализуется по технологическому принципу - *"верни на место"*, например, партия деталей транспортируется на рабочую позицию ГПМ, обрабатывается и вновь возвращается на склад. Последнее означает, что каждая деталь, на любую из предыдущих или последующих операций технологического процесса обработки, попадала или попадет только со склада, что в свою очередь повышает надежность функционирования ГАП. Система оперативно-диспетчерского управления, входящая в состав ГПУ, предназначена для синхронизации действий транспортно-складской системы и ГПМ при выполнении сменного задания.

Объединение нескольких ГПУ с участками подготовки деталей и инструмента, участком контроля, а также интегрированной системой управления, представляет собой очередной организационный уровень - *гибкий автоматизированный цех* (ГАЦ). Кроме того, с целью замкнутости технологического цикла, в состав ГАЦ включают оборудование с ручным управлением для подготовки базовых поверхностей, вспомогательных операций, финишной обработки и т.п.

Лекция 20. Основные положения по созданию автоматизированных учреждений систем.

Автоматизация учрежденческой деятельности аппарата управления различных организаций или предприятий, как правило, связана с разработкой и внедрением некоторой совокупности форм, методов и средств, направленных на создание и использование в процессе управленческой деятельности **новых информационных технологий** (НИТ).

При этом могут рассматриваться как проблемы современных средств передачи, обработки, хранения и отображения информационного продукта, так и методы принятия решений, в частности, на основе применения экспертных систем.

Основные понятия и определения автоматизированных информационных технологий. Общее решение задач проектирования ИТ пока остается открытым, что объясняется, главным образом, отсутствием в настоящее время достаточно эффективных и хорошо проработанных методов анализа и синтеза новых информационных технологий, ориентированных на потребности действующих систем управления.

Содержание ИТ, например, можно рассматривать в следующих аспектах:

во-первых, как совокупность методов и средств реализации функций управления и переработки информации;

во-вторых, как определенную последовательность операций по изменению свойств и форм конечных информационных продуктов;

в-третьих, как описание организационного регламента деятельности аппарата управления по реализации конечных продуктов системы.

С целью детализации выделенного содержания ИТ, введем ряд основополагающих понятий и определений:

1) При анализе любой системы необходимо выделять два вида конечных продуктов: **материальные**, производимые объектом управления; **информационные**, производимые системой управления.

2) Множество материальных конечных продуктов определяется целями и функциональными особенностями объекта управления. Множество информационных конечных продуктов ориентировано на информационное отображение управленческих решений и включает в себя: постановления, решения, приказы, распоряжения, отчеты, справки, предложения, программы, планы и т.д.

Информационные конечные продукты являются информационными ресурсами по реализации материальных конечных продуктов системы.

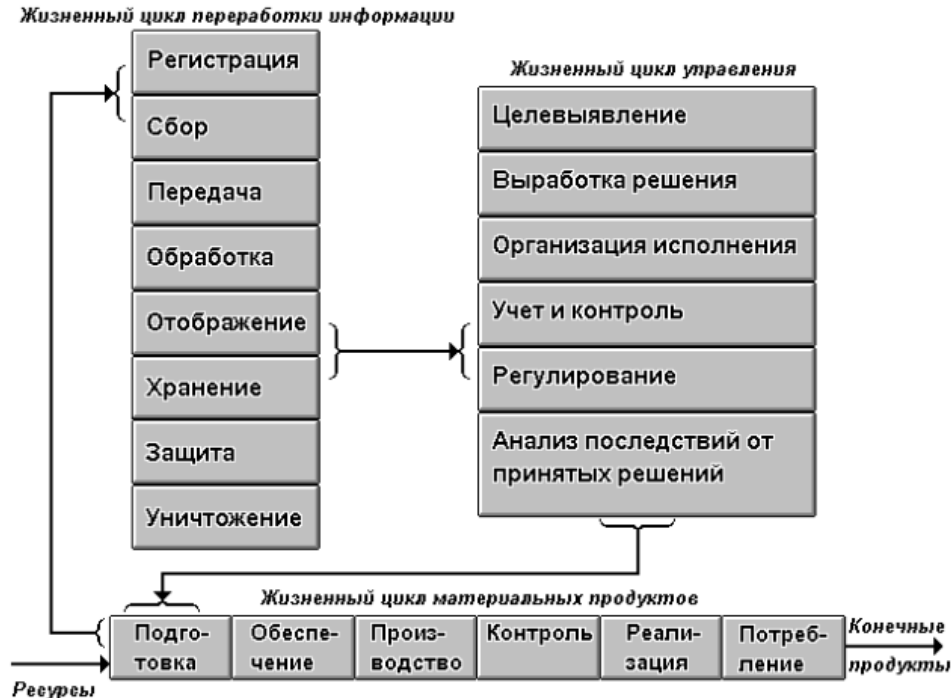
3) Для каждого из видов конечных продуктов характерно наличие собственного цикла сосуществования. В данном случае под жизненным циклом понимается определенная последовательность изменения свойств и форм конечных продуктов, начиная от их возникновения и заканчивая потреблением. Для материальных конечных продуктов в качестве основных этапов жизненного цикла можно выделить такие фазы его как - подготовительную и обеспечивающую, а также фазы производства, контроля, реализации и потребления.

4) Информационные конечные продукты характеризуются жизненными циклами управления и переработки информации. Жизненный цикл управления определяется принятой классификацией управленческих функций и включает в себя следующие фазы: целевыявление, выработка решения, организация исполнения, учет, контроль, регулирование, анализ последствий от принятого решения. Жизненный цикл переработки информации также характеризуется наличием фаз, к которым относятся: регистрация, сбор, передача, обработка, отображение, защита, хранение, уничтожение.

5) Создание **автоматизированных информационных технологий** (АИТ) включает в себя процессы последовательного взаимодействия выделенных фаз или этапов жизненных циклов материальных конечных продуктов, управления и переработки информации.

Лекция 21. Жизненный цикл переработки информации.

Процесс создания АИТ состоит в последовательном применении необходимого и достаточного количества функций управления к каждой из фаз жизненного цикла материального конечного продукта.



Задание структуры АИТ предполагает формирование правил взаимодействия множества подразделений и функций, т.е. определение некоторого множества операций, приводящих к изменению формы либо свойства заданного конечного продукта.

Таким образом, АИТ можно определить как *конечную и упорядоченную (в соответствии с этапами жизненных циклов управления и переработки информации) последовательность операций по получению информационных конечных продуктов, а также по изменению их форм или свойств.*

Иначе говоря, проектирование АИТ - это упорядоченная последовательность операций, состоящая в целенаправленном определении как множества подразделений и множества функций, так и их пространственного и временного взаимодействия по получению конечных информационных продуктов.

Процессы проектирования АИТ, как правило, предполагают наличие методов и средств формализованного описания и документирования технологий, например, в виде некоторой совокупности операций.

Пусть S - множество подразделений, участвующих в формировании информационных конечных продуктов, Y - множество функций, требующих реализации, тогда *описание организационного регламента деятельности можно представить в виде ориентированного графа*

$$G = (X, U), \quad X = SRY, \quad U = X_iRX_j,$$

где X - множество, описывающее распределение функций по подразделениям, часто называемое *множеством событий* (работ); U - множество, описывающее i -пространственных и j -временных взаимодействий между событиями (работами). С учетом вышеизложенного, обобщенную процедуру организационного регламента по реализации информационных технологий можно описать следующим образом:

$$P = \langle S; Y; X = SRY; U = X_iRX_j \rangle.$$

Лекция 22. Этапы проектирования автоматизированных информационных технологий.

Рассмотрим укрупненную схему проектирования АИТ.

На первом этапе, используя классификатор материальных и информационных конечных продуктов системного анализа объекта и системы управления, формируется необходимое и достаточное количество АИТ. Реализация первого этапа предполагает: разработку (или модификацию) алгоритмов системного анализа и синтеза объекта и системы управления; проектирование диалогового программного комплекса, обеспечивающего реализацию предложенных алгоритмов; создание методики по оценке качества проведенного выделения АИТ.

На втором этапе, формулируются постановки задач по проектированию и описанию АИТ, для решения которых определяется некоторая последовательность действий по реализации информационных конечных продуктов. Другими словами, такое представление АИТ предполагает их оформление в виде организационно-технологических моделей деятельности аппарата управления. При этом функции управления и переработки информации описываются в модели некоторыми событиями, между которыми существуют как временные, так и информационные взаимосвязи. При определении полного классификатора событий, в его состав обычно включают: события по формированию управленческих решений; события по принятию индивидуальных и коллегиальных управленческих решений; события по организации исполнения решений; события по переработке информации.

Реализация второго этапа предполагает: разработку нормативных организационно-технологических моделей деятельности; создание методов и средств формализованного описания моделей; создание информационно-программного обеспечения по созданию и ведению баз данных (знаний), адекватно отражающих состав и структуру моделей.

На третьем этапе, при решении проблемы создания моделей и алгоритмов реализации АИТ, выделяется два параллельных процесса: алгоритмизация решения функциональных задач управления и переработки информации; разработка моделей и алгоритмов планирования организационного регламента деятельности.

В целом процесс проектирования на данном этапе приводит к построению некоторого набора моделей и алгоритмов. При этом, если одна часть набора моделей и алгоритмов специфична и ориентирована на конкретный объект, то другая его часть, наоборот, состоит из универсальных моделей и алгоритмов, на основе которых обеспечивается диалоговый режим планирования деятельности аппарата управления по реализации АИТ.

Выделяя множество функциональных задач, решаемых в составе АИТ, целесообразно отдельно рассмотреть особенности одной из наиболее важных задач - **проблемы выбора и обоснования управленческих решений**, причем как индивидуальных, так и групповых или коллегиальных.

Задачи принятия индивидуальных управленческих решений, как правило, характеризуются следующими специфическими условиями: большинство задач описывается известным набором качественных и количественных переменных; алгоритмы формирования решения задач могут быть строго формализованы; количество возможных вариантов решения каждой задачи ограничено и любой вариант решения носит характер предписания.

В такой ситуации, с целью формализации задач поиска индивидуальных решений, можно рекомендовать применение следующего математического аппарата: таблиц решений; правила продукций; логико-лингвистических моделей, а в качестве инструментальных средств использовать различные варианты экспертных систем или информационных систем поддержки принятия решений.

Задачи принятия коллегиальных решений, в подавляющем большинстве случаев, сводятся к задачам оценивания, ранжирования и группового выбора.

Лекция 23. Состав автоматизированных учрежденческих систем

Автоматизированные учрежденческие системы (АУС) - верхний уровень иерархии ИАСУ, на котором обеспечивается автоматизация информационного обслуживания организационной деятельности аппарата управления на принципах "безбумажной" технологии. Существуют различные определения понятия АУС, в частности, такой системой часто называют: совокупность АРМов, средств связи и отображения, предназначенных для автоматизации подготовки документов и документооборота в целом, создания справочного и архивных наборов данных и систем информационного обслуживания сотрудников аппарата управления; совокупность организационных методов и программно-технических средств, обеспечивающих работу административно-управленческого персонала на основе единой электронной технологии работы с документами и информацией; информационно-управляющую систему по выполнению функций переработки информации, предоставлению информационных услуг, а также выработке организационного регламента поведения людей, формирующих плановые задания; организационную систему управления, в которой средства оргтехники, обработки данных, оборудование связи используются с целью интенсификации информационной деятельности и улучшения условий труда служащих.

Разноплановость приведенных определений затрудняет, но не исключает возможность выделения следующих общих признаков АУС: наличие средств коммуникации, обеспечивающих связь между рабочими местами; наличие вычислительных средств, преимущественно реализованных в идеологии АРМов управленческого персонала; наличие (распределенных по учреждению) информационных фондов, а также программных средств по их созданию, ведению, накоплению и обработке; наличие средств вычислительной техники и оргтехники, обеспечивающих автоматизированную подготовку документов и работу с ними; наличие средств описания организационного регламента деятельности учреждения (график проведения совещаний, технологии подготовки и принятия решения, распорядок дня работы руководителя и функциональных служб и т.п.); наличие средств и методов подготовки индивидуальных и коллегиальных управленческих решений. Таким образом, опираясь на вышеизложенное, в составе АУС можно определить три центральные функции: документалистика; коммуникация; информационная поддержка процессов принятия решений. *Документалистика*, прежде всего, предполагает автоматизацию документооборота учреждения, переход на "безбумажную" технологию работы с информацией, генерацию документов, эффективную обработку документальной информации, ее отображение, вывод и хранение. Обеспечение реализации указанных функций, как правило, осуществляется с помощью специальных аппаратно-программных комплексов: "*Электронной канцелярии (ЭК)*", "*Электронной почты (ЭП)*".

ЭК обеспечивает: ввод и передачу текстовых документов с помощью специальной факсимильной аппаратуры; генерацию и редактирование текстовой и графической информации с помощью программного обеспечения различных текстовых и графических редакторов; обработку документов с использованием специальных документально-поисковых систем; вывод документов на высокоскоростные печатающие устройства, их качественное размножение на копируемых установках типа "*Ксерокс*"; автоматическое микрофильмирование документов. ЭП представляет собой службу безбумажных почтовых отношений и фактически является системой сбора, обработки и передачи документальных сообщений (посылок) по каналам связи. Посылка состоит из адресной и содержательной частей. В адресной части указывается наименование (почтовый ящик) адресата, которому предназначено сообщение. При периодическом просмотре своих файлов, пользователь системы может работать с пришедшими на его имя сообщениями. ЭП является принципиально новой информационной технологией взаимодействия сотрудников в учрежденческой системе, обеспечивая преодоление барьера расстояния, независимость от времени и присутствия абонентов, наличия канцелярских принадлежностей.

Лекция 24. Основные принципы проектирования и внедрения АСОИУ.

Опыт разработки и исследования АСОИУ позволяет сформулировать ряд основополагающих принципов, без соблюдения которых невозможно обеспечить эффективное решение задач проектирования и внедрения автоматизированных систем.

Выделим среди таких принципов лишь центральные и дадим им краткую характеристику.

1. Принцип системного подхода. Это важнейший принцип проектирования АСОИУ, т.к. его соблюдение предполагает проведение системного анализа объекта и системы управления, направленного на: выявление "узких" (проблемных) мест в производстве и управлении; формирование целей создания АСОИУ и критериев ее эффективности; выбор очередности решения задач, подлежащих автоматизации; проектирование новой системы организационного управления в условиях АСУ.

Внедрение АСОИУ открывает принципиально новые возможности по коренному усовершенствованию системы экономических показателей и экономического стимулирования, что достигается за счет детальной и совокупной проработки всех этапов разработки и реализации управленческих функций (планирование, организация, учет, контроль, регулирование). При этом важно понимать, что разработка и внедрение АСОИУ дают эффект тогда, когда эти процессы сопровождаются крупными мероприятиями организационного характера, в частности, связанными с: изменением привычных (часто узаконенных) форм документов; совершенствованием структуры органов управления; перераспределением функциональных обязанностей управленческого аппарата; улучшением форм контроля и ответственности, а также форм экономического, морального и административного стимулирования.

2. Принцип новых задач. На этапе внедрения АСОИУ, учитывая высвобождение управленческого аппарата от выполнения непроизводительной рутинной работы по переработке информации, реализация этого принципа предполагает возможность привлечения части управленческого аппарата к проведению дополнительного анализа объекта и системы управления. Этот анализ проводится с целью выявления и прогнозирования ожидаемых (предполагаемых) потерь в организационном управлении и, как следствие, приводит к определению на этой основе перечня тех задач, которые до внедрения АСУ по каким-либо причинам не решались, но после внедрения, например, первой очереди АСУ их своевременное и качественное решение может резко повысить эффективность системы управления.

Можно указать, что к числу основных причин, из-за которых некоторые задачи не решались ранее, т.е. до разработки АСУ, следует отнести: отсутствие их в существующих типовых положениях о подразделениях; отсутствие в системе управления исходной качественной информации для их решения, невозможность обеспечения требуемой оперативности и нужной точности; большие размерности задач и множественность вариантов их решения; отсутствие необходимой классификации пользователей и разработчиков для постановки и реализации задач.

3. Принцип единства информационной базы. Реализация принципа ориентирована на создание единой, динамической информационной модели объекта управления, содержащей необходимый и достаточный перечень показателей по информационной поддержке всех этапов жизненного цикла управленческого решения. Этот принцип является реализацией принципа системного подхода при проектировании информационного обеспечения. Основная идея его состоит в том, что на машинных носителях накапливается и постоянно обновляется информация, необходимая для решения не какой-то одной или нескольких задач, а большинства задач управления. При этом в основных массивах исключается неоправданное дублирование информации. Этим автоматически обеспечивается одноразовый ввод информации.

Лекция 25. Этапы проектирования АСОИУ и состав проектной документации.

Процесс создания АСОИУ, впрочем как большинства технических систем, состоит из трёх стадий:

**предпроектной;
проектирования;
ввода в эксплуатацию.**

Предпроектная стадия включает в себя комплекс работ по обследованию системы управления предприятием и проведению системного анализа объекта управления.

При этом определяются основные характеристики объекта и системы управления, вносятся предложения по перестройке организационных структур, формулируются требования к задачам (реализуемым системой), к техническому, информационному, программному, математическому, организационному и другим обеспечивающим подсистемам, а также определяется первоочередной комплекс задач подлежащих внедрению.

Обычно предпроектная стадия создания АСУ предусматривает два этапа: разработку *технико-экономического обоснования* (ТЭО) создания системы; составление *технического задания* (ТЗ) на создание и внедрение АСОИУ

Технико-экономическое обоснование. Разработка ТЭО предусматривает организационно-техническую подготовку к обследованию объекта управления, проведение обследования, анализ полученных материалов и формирование на их основе рекомендаций, включающих цели создания АСОИУ, обоснование и выбор комплексов задач управления, разработку организационно-технических мероприятий по созданию системы, а также оформление, согласование и утверждение ТЭО.

Техническое задание. ТЗ - это документ (утверждаемый в установленном порядке), устанавливающий цели, требования и основные исходные данные, необходимые для разработки АСОИУ, а также содержащий предварительную оценку ее эффективности.

ТЗ включает обширную документацию, составляемую в процессе обследования: предложения заказчика и организации-разработчика по улучшению существующей системы управления;

перечень предварительно выбранных технических средств и рекомендуемых к использованию ППП и типовых проектных решений;

рекомендации по возможному составу функциональных и обеспечивающих подсистем, основные положения по формированию информационной базы;

предлагаемый размер затрат на создание системы и укрупненный расчет экономической эффективности.

К техническому заданию на проектирование прилагаются также отчет о выполнении работ по обследованию и сметно-финансовые документы.

Документ "*Техническое задание*" должен содержать следующие разделы:

- 1) Введение;
- 2) Характеристика объекта управления;
- 3) Назначение АСОИУ;
- 4) Основные требования к АСОИУ, состоящие из следующих подразделов: требования к системе и ее частям; требования к качеству выполнения функций АСОИУ; требования к обеспечивающим частям; технико-экономические показатели АСОИУ; состав, содержание и организация работ по созданию системы; порядок сдачи-приемки системы.

Приступая к этапу проектирования АСОИУ, в целях конкретизации требований к ее отдельным подсистемам (комплексам задач) на базе общего ТЗ разрабатываются более детальные частные технические задания.

Лекция 26. Технический проект. Рабочий проект. Ввод в эксплуатацию.

На стадии "*Разработка проектов*" разрабатывается техническая документация - **технические проекты (ТП)** и **рабочие проекты (РП)**, а также проводятся работы по подготовке объекта к вводу в эксплуатацию.

Технический проект (ТП). ТП на создание АСУ разрабатывается на основе утвержденного ТЗ. ТП представляет собой техническую документацию, которая включает в себя общесистемные проектные решения, алгоритмы решения задач, а также оценку экономической эффективности АСУ и перечень мероприятий по подготовке объекта к внедрению.

Разработка ТП имеет целью привязку (к конкретным условиям объекта) ППП и типовых проектных решений, а также формирование новых проектных решений, учитывающих специфику данной системы.

На этой важнейшей стадии проектирования разрабатывается общая структура системы с выделением подсистем, устанавливаются общие принципы ее функционирования и взаимодействия с другими, в том числе и вновь создаваемыми системами.

ТП включает также материалы, подготавливающие объект к внедрению, предложения по совершенствованию организационных структур. В этих материалах приводится перечень работ по организации информационной базы системы, внедрению в практику методов классификации и кодирования показателей, объектов учета и планирования, а также документов, используемых при функционировании АСОИУ.

Состав документации ТП определяется ГОСТом и включает в себя следующие виды обязательных документов: пояснительная записка; описание постановки задачи; описание алгоритма; расчет экономической эффективности; ведомость документов ТП.

В целом по ГОСТу определяется порядка 25-ти видов документов ТП.

Рабочий проект (РП). РП разрабатывается на основе утвержденного ТП и поэтому, как правило, РП содержит уточненные и детализированные общесистемные проектные решения, программы и инструкции по решению задач, а также уточненную оценку экономической эффективности АСОИУ и уточненный перечень мероприятий по подготовке объекта к внедрению.

В процессе проектирования ведется подготовительная работа к практической реализации основных положений ТП. РП содержит уточненный расчет экономической эффективности АСОИУ, разработку технологии ввода и регистрации информации, форм документов и описание маршрутов их движения, инструкций по внесению изменений в информационную базу автоматизированного банка данных. В состав документации входят альбомы классификаторов и кодов, программы, инструкции по эксплуатации комплекса технических средств, описание входной информации и результатов работы ЭВМ и других технических средств.

Состав документации РП включает в себя следующий перечень обязательных документов: пояснительную записку; ведомость документов РП; текст (листинги) программ; руководство программиста (системного, проблемного); руководство оператора; спецификацию; уточненный расчет экономической эффективности.

Ввод в эксплуатацию. Это последний этап, представляющий собой процесс постепенного перехода от существующей системы управления к новой и частично проводится параллельно с разработкой проектной документации в обязательном соответствии с утвержденной очередностью создания и внедрения проекта.

Ввод в эксплуатацию состоит из подготовки объекта, опытной эксплуатации и приемки автоматизированной системы управления в промышленную эксплуатацию.

Лекция 27. Организационное обеспечение.

Данный вид обеспечения представляет собой совокупность средств и методов, которые предназначены для проведения технико-экономического анализа существующих систем управления, выбора и постановки задач автоматизации, организации производства и управления предприятия в условиях автоматизированного управления.

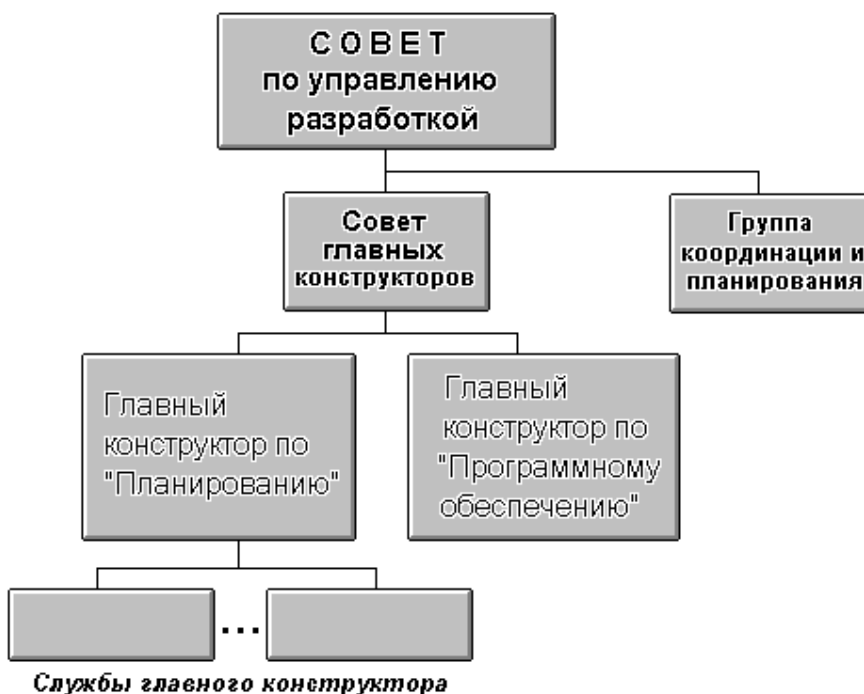
В составе организационного обеспечения АСУ обычно рассматривают четыре основных компонента: методы; средства; техническая документация; персонал.

Методы организационного обеспечения включают в себя методологию и методики проведения предпроектного обследования, выбора состава и структуры функциональных подсистем и структуры управления в условиях АСУ, организации работ при проектировании и внедрении и т.п., и излагаются, как правило, в соответствующих **руководящих методических материалах** (РММ).

Средства организационного обеспечения включают в себя состав функциональных подсистем и комплексов задач, типовые структуры управления, унифицированные формы документов, нормативные технологии управления (определяющие - кто, где, когда и что делает), средства материального и морального стимулирования и т.д.

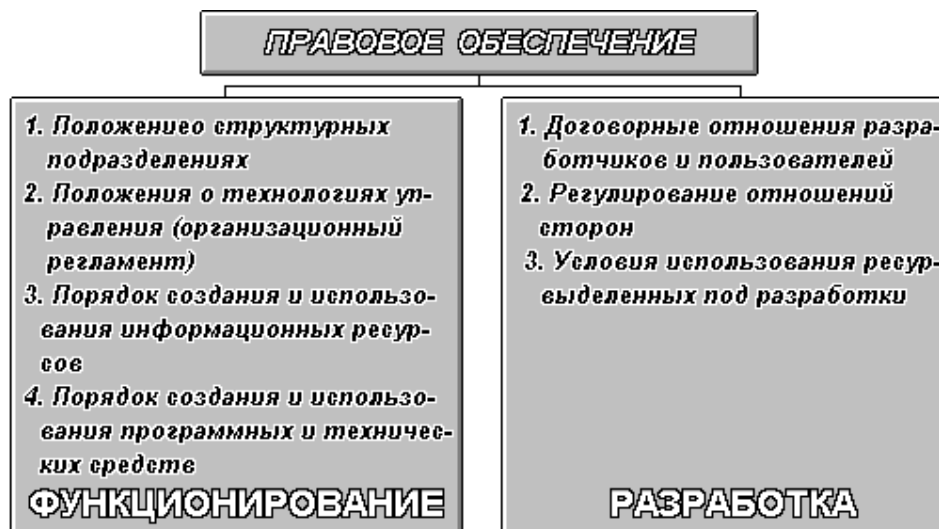
Техническая документация организационного обеспечения определяется ГОС-Том и состоит из технико-экономического обоснования на создание АСУ, комплексов технических заданий, технических и рабочих проектов, а также технической документации на создаваемые ППП.

Персонал **организационного обеспечения** состоит из множества специалистов, которые с одной стороны организованы в определенную структуру для управления разработкой АСУ, фрагмент примера такой структуры показан на рисунке, а с другой стороны привлекаются как к проектированию, так и внедрению АСУ.



Лекция 28. Правовое и эргономическое обеспечения.

Правовое обеспечение. Состав и структуру правового обеспечения можно представить в виде схемы, показанной на рисунке



Этот вид обеспечения является объединением совокупности норм, прав и должностных обязанностей, выраженных в нормативных актах, устанавливающих и закрепляющих цели, функции и структуры элементов АСУ, а также порядок ее создания, внедрения и функционирования.

По сути дела это означает, что в составе правового обеспечения АСУ должна быть создана самостоятельная система правового регулирования, способствующая повышению эффективности как функционирования, так и разработки автоматизированной системы управления.

Эргономическое обеспечение. Данный вид обеспечения - это совокупность методов и средств, предназначенных для выбора и обоснования проектных решений, создающих оптимальные условия высокоэффективной и безошибочной деятельности в условиях АСУ. Эргономическое обеспечение состоит из комплекса методик, нормативных материалов, технических и информационно-программных средств, что позволяет обеспечить: оптимальную организацию рабочего места; рациональную организацию способов взаимодействия с ЭВМ; объективную оценку качества деятельности пользователя в системе управления; эффективную систему подготовки и переподготовки персонала.

При этом требования к реализации выше перечисленных функций должны быть различными в зависимости от способа использования информации. По этому критерию всех пользователей разделяют по группам на пользователей: потребляющих информацию в процессе подготовки и принятия решения (руководители различных уровней, диспетчеры и т.д.); использующих и подготавливающих информацию в процессе принятия решения (руководители среднего звена); подготавливающих информацию для принятия решения (секретари, референты, операторы и т.п.).

В связи с широким внедрением ПЭВМ, непосредственно на рабочие места управленческого персонала, значение эргономического обеспечения существенно возрастает.

Лекция 29. Лингвистическое обеспечение.

Этот вид обеспечения АСУ является совокупностью языковых средств, которые предназначены для упрощения процесса общения пользователей с автоматизированной системой.

Состав лингвистического обеспечения включает в себя: языки описания, управления и манипулирования данными в различных СУБД; интерактивные системы взаимодействия пользователей с ЭВМ; языковые средства систем автоматизации проектирования АСУ, включая алгоритмические языки и специализированные языки ППП; системы терминов и определений, используемых в процессе проектирования, внедрения и эксплуатации систем.

Рассмотрим более подробно методы организации диалогового взаимодействия пользователя с ЭВМ, среди которых выделим только наиболее распространенные в настоящее время, а именно: режим выбора функций (меню); режим выполнения функций (командный язык); комбинированный режим; использование специальных языков интерактивного общения (свободный диалог).

Реализация режима "*меню*", при получении необходимых сведений, основывается на переборе некоторого логического дерева, например, реализованного с помощью многооконного меню. Для получения нужного решения пользователь должен пройти конкретный ряд вершин, последовательно определяя на каждом этапе (шаге) выбора одно из альтернативных действий. Режим "*выполнения функций*" заключается в составлении и использовании при управлении диалогом ограниченного набора справочников, каждый из которых обычно содержит сведения о функциональных возможностях системы и действиях (командах) пользователя при реализации этих возможностей. "*Комбинированный*" режим основывается на сочетании первых двух методов. Использование режима "*свободного диалога*", как правило, опирается на разработку и реализацию специальных информационно-поисковых языков высокого уровня.

Обращая внимание на то, что подавляющее число пользователей не являются специалистами в области ЭВМ, выделим группу основных требований, связанных с особенностями реализации режима "*меню*": работа пользователя, организованная в режиме "вопрос-ответ", должна использовать минимальное число элементов клавиатуры; при проведении диалога должна быть предусмотрена возможность визуального и программного контроля действий пользователя, а также в случае ошибочных действий возможность повторного обращения к ЭВМ, при этом должна быть предусмотрена и полная диагностика ошибочных действий с выдачей на экран рекомендаций (комментариев) по их устранению; на любом шаге диалога пользователь должен иметь возможность возврата на предыдущий уровень (второстепенное меню) и на начало диалога (главное меню); системы отображения и комментариев должны строиться на однотипной формальной грамматике, рациональном размещении информации на экране видеотерминала, сообщения должны быть краткими, а используемая терминология понятной пользователю; в случае значительных затрат времени на обработку должна быть предусмотрена возможность периодического информирования пользователя о состоянии процесса; при реализации "*необратимых*" функций работы с информацией, например, типа "*заменить*" или "*исключить*", должна быть обеспечена обратная связь, информирующая о качестве выполнения таких функций; на любом шаге диалога должна быть предусмотрена возможность получения справочной информации о возможностях системы и режимах работы с ней.

Анализ функционирования интерактивных систем показывает, что существующие формы проведения диалога могут быть сведены к ограниченному набору элементов (команд, ответов и комментариев), отражающих основные логические приемы взаимодействия пользователя с ЭВМ. Это позволяет говорить о создании специальных стандартов на диалог, содержащих требования к: организации диалога; формам и методам задания команд, ответов и комментариев; правилам оформления экранов.

Лекция 30. Математическое обеспечение

Данный вид обеспечения АСУ - это совокупность средств и методов реализации математических и экономико-математических моделей управления интегрированных автоматизированных системах, в составе которого обычно выделяют *средства, методы и документацию*, что и отражено на рисунке.



Таким образом, средства математического обеспечения опираются на весь арсенал математического аппарата, используемого при проектировании конкретной АСУ.

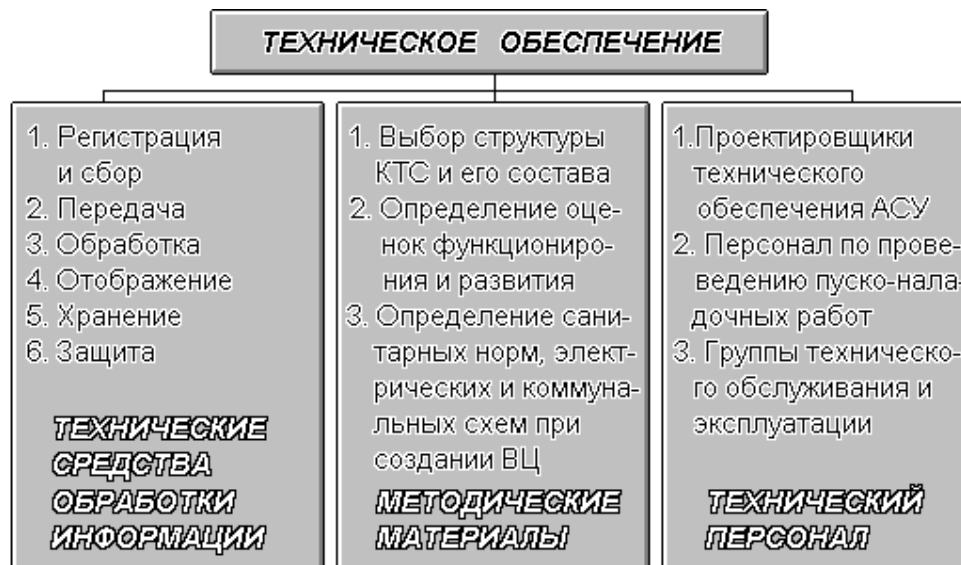
В свою очередь, методы математического обеспечения представляют собой набор моделей и алгоритмов, с помощью которых оценивается используемый математический аппарат, а документация математического обеспечения состоит из системы требований и правил документирования применяемых в АСУ математических и экономико-математических моделей.

Лекция 31. Техническое обеспечение.

Этот вид обеспечения АСУ представляет собой:

во-первых, комплекс технических средств, с помощью которого осуществляется регистрация, сбор, обработка, отображение, защита и хранение информации, **во-вторых**, средства оргтехники и устройств управления ими.

В составе технических средств принято выделять: технические средства; методические материалы; технический персонал, что и представлено в структуре технического обеспечения на рисунке.



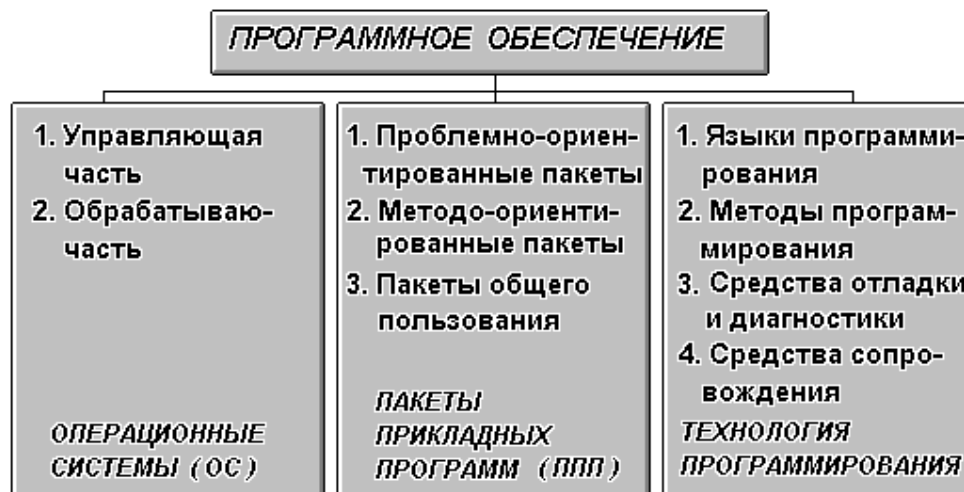
Как следует из приведенной структуры, технические средства принято классифицировать в соответствии с основными этапами жизненного цикла обработки информации. В составе методических материалов, как правило, рассматриваются методики по выбору КТС и расчету надежности их функционирования, а также по планировке и оснащению основных площадей, которые занимает ВЦ. В состав технического персонала обычно входят проектировщики технического обеспечения, пуско-наладчики АСУ, а также специалисты по техническому обслуживанию и эксплуатации.

Типы и характеристики ЭВМ. Универсальным техническим средством обработки информации являются ЭВМ, которые предназначены для автоматической реализации алгоритмов, за счет осуществления операций ввода, запоминания, обработки и вывода (отображения).

Первая ЭВМ появилась в США в 1946 году, которая обладала производительностью 5 тыс. опер./сек, весила 30 тонн и использовала около 18 тыс. электронных ламп. Все множество ЭВМ можно проклассифицировать в зависимости от производительности, объемов внешней и оперативной памяти, габаритов и стоимости. Первые три параметра обычно объединяют и называют мощностью, подразделяя ЭВМ на супер, большие, малые и микро ЭВМ, а также – ПЭВМ. СуперЭВМ производятся в единичных экземплярах и применяются для решения сложных научно-технических задач, а также для управления особо сложными системами реального масштаба времени. К таким машинам, в частности, можно отнести "Эльбрус-1(2)", которые имеют быстродействие 10-20 млн. опер./сек, объем оперативной памяти порядка 256 МВ и практически неограниченное число внешних запоминающих устройств. ПЭВМ массового использования отличаются от других классов малыми габаритами, повышенной надежностью, простотой изменения конфигурации и развитыми средствами диалога. Конструктивно типичная ПЭВМ содержит системный блок (микропроцессор, ОЗУ, ПЗУ, внешние накопители, блок питания, а также контроллеры), клавиатуру, дисплей и принтер.

Лекция 32. Программное обеспечение.

Данный вид обеспечения АСУ объединяет в своем составе совокупность программ и программных средств, предназначенных для реализации комплекса функциональных подсистем на базе средств вычислительной техники. Структура и состав программного обеспечения представлены на рисунке.



Операционная система предназначена для организации вычислительного процесса на ЭВМ, при этом ее *обработывающая часть* реализует задачи трансляции, редактирования и сборки, а *управляющая часть* - решение. К основным типам операционных систем, используемых в различных классах ЭВМ, можно отнести - *MS DOS, WINDOWS, UNIX, OS2* и ряд других.

Пакеты прикладных программ представляют собой комплекс программных средств и документов, необходимых для реализации функционально завершенного алгоритма обработки данных, который обеспечивает автоматизацию (настройку) рабочих программ под выбранную предметную область. В частности: *проблемно-ориентированные пакеты* реализуют совокупность определенных функций управления, например, в виде конкретных СУБД; *методо-ориентированные пакеты* предназначены для реализации определенного класса задач математического обеспечения; *пакеты общего назначения* необходимы для расширения возможностей операционных систем.

Технология программирования реализует задачи методологии создания программного обеспечения, методы и способы его унификации и стандартизации, а также ориентирована на проблемы создания прикладного программного обеспечения пользователей.

Классификация прикладного программного обеспечения. С целью применения адекватных проблемно-ориентированных технологий и комплексов автоматизации разработки **прикладного программного обеспечения** (ППО), целесообразно разделить программ для ЭВМ осуществлять по следующим классификационным основаниям: область применения и социальное назначение программ в народном хозяйстве; значение функциональных параметров ППО.

По области применения (первое основание) все множество ППО можно разделить на три группы: программное обеспечение как товар народного потребления, т.е. используемое вне прямой производственно-технической и научно-исследовательской деятельности специалистов; программное обеспечение локального применения, т.е. предназначенное для решения инженерно-вычислительных и научно-исследовательских задач; программное обеспечение как продукция производственно-технического назначения, т.е. ориентированная на обеспечение нужд производства и деятельности предприятий и организаций.

Лекция 33. Информационное обеспечение.

Данный вид обеспечения АСУ представляет собой совокупность данных, языковых средств описания данных, методов организации, хранения, накопления и доступа к информации, а также способов ее отображения и представления пользователям.

Существует два подхода при описании информационного обеспечения АСУ.

В первом подходе все информационное обеспечение представляется в виде внешнего (методы анализа информации, системы классификации и кодирования, система документооборота, инструктивные материалы и т.п.) и внутримашинного (системы баз данных и методы их организации, системы управления базами данных, технология их обработки и т.д.).

Во втором подходе в составе информационного обеспечения АСУ рассматриваются: система классификации и кодирования информации; унифицированная система документации; системы баз данных, объединенные в информационную модель предметной области.

Прежде, чем перейти к характеристике каждой из выделенных компонент, перечислим основные требования к информационному обеспечению АСУ: полнота (достаточность) и достоверность информационной модели объекта управления; эффективность методов и средств реализации информационной технологии переработки информации; простота и удобство доступа к ресурсам информационной модели, обеспечение регламентного и произвольного режимов обработки данных; рационализация документирования данных и организация эффективной системы документооборота; эффективная организация данных на внешних носителях, обеспечивающая минимальное дублирование информации, их архивацию и предварительную обработку.

Система классификации и кодирования. Система классификации и кодирования предназначена для организации описания данных, их поиска и идентификации на магнитных носителях ЭВМ.

Под **системой классификации** понимают совокупность правил (оснований классификации) и результат разбиения заданного множества объектов на непересекающиеся подмножества (классификационные группировки). Классификационным группировкам в различных системах классификации присваивают различные наименования, например: *классы, подклассы, группы, подгруппы* и т.д.

При этом количество ступеней выделения подмножества называют глубиной классификации. Как правило при классификации используется совокупность содержательных и формальных моделей классификации.

К содержательным моделям обычно относят модели, которые получают с помощью методов системного анализа, позволяющих "*целое разделить на части*", а к **формальным моделям** те, которые могут быть построены на основе математического аппарата теории распознавания образов, в частности, *кластерного анализа*.

Под **кодированием** понимается образование и присвоение обозначения объектам классификации, а также основаниям классификации и классификационным группировкам. Такие обозначения получили названия кодов, при этом количество символов в коде называют - длиной кода.

При разработке систем кодирования необходимо учитывать следующие требования: использование минимально допустимой длины кодов; логичность и легкость запоминания кодов; учет при кодировании специфики кодируемых объектов; учет при проектировании системы кодирования существующих, в том числе отраслевых и общегосударственных классификаторов; обеспечение развития системы информационного взаимодействия с аналогичными системами как по вертикали, так и по горизонтали.

В большинстве случаев при построении классификаторов на базе содержательных моделей классификации используют *иерархический* или *фасетный* метод классификации.

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Тема курсовой работы – « Разработка и исследование автономно-локальных беспойсковых самонастраивающихся систем управления гибкими производственными модулями ГАП».

Выделение объекта исследований.

В качестве объекта автоматизации рассматривается гибкий производственный модуль (ГПМ), являющийся фрагментом гибкого автоматизированного производства, формальная технологическая структура которого показана на рисунке.



В организационном плане на базе ГПМ обычно формируется нижний уровень автоматизированных систем управления и, как правило, ГПМ входит в состав гибкой автоматизированной линии (ГПЛ).

Будем полагать, что управление динамикой ГПМ осуществляется с помощью автономно-локальной беспойсковой самонастраивающейся системы.

Математическое описание объекта управления.

Пусть объект управления (в этом качестве выступает ГПМ) описывается уравнениями

$$\frac{dx(t)}{dt} = A * x(t) + B * u(t) + f(t), y(t) = x(t), z(t) = g^T * y(t), \quad (1)$$

где $x^T(t)=[x_1(t) \ x_2(t) \ x_3(t)]$ - вектор состояния; $u(t)$ - скалярное управление; $f^T(t)=[f_1(t) \ 0 \ 0]$ - вектор возмущения, $f_1(t)=f_0 \cdot \exp(-f_2 \cdot t)$; $y(t)$ - вектор выхода; $z(t)$ - обобщённый выход, а структура матриц состояния и управления задана в виде

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ a_3 & a_2 & a_1 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ b_1 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Функционирование объекта управления (1) происходит в условиях априорной параметрической неопределенности, уровень которой задан в виде:

$$A=A(\xi), \ B=B(\xi), \ f(t)=f_\xi(t), \ \xi \in \Xi. \quad (3)$$

где ξ - набор неизвестных параметров, принадлежащих известному множеству Ξ .

В явном виде условия (3) представляют собой набор соотношений типа двухсторонних неравенств:

$$\begin{aligned} \min a_1 < a_1 < \max a_1; \quad \min a_2 < a_2 < \max a_2; \quad \min a_3 < a_3 < \max a_3; \\ \min b_1 < b_1 < \max b_1; \quad \min f_0 < f_0 < \max f_0; \quad \min f_2 < f_2 < \max f_2, \end{aligned} \quad (4)$$

где множество Ξ является совокупностью соответствующих граничных значений, например, для неизвестного параметра a_1 - это известные числа $\min a_1$, $\max a_1$.

Отметим, что возмущающее воздействие является затухающим во времени и удовлетворяет соотношению

$$\int_0^{\infty} \|f_x(t)\|^2 dt < \infty. \quad (5)$$

Постановка задачи управления. Синтез системы прямого адаптивного управления с явной эталонной моделью

Для объекта управления (1), функционирующего в условиях априорной неопределенности (3),(4), необходимо построить замкнутую систему управления с помощью адаптивного регулятора заданной структуры

$$u(t) = K(t) \cdot r(t) + C^T(t) \cdot y(t), \quad (6)$$

где $K(t)$ и $C(t)$ настраиваемые коэффициенты, алгоритмы настройки которых вида

$$K(t) = F_1(x, x_M, t), \quad C(t) = F_2(x, x_M, t), \quad (7)$$

подлежат определению, т.е. нахождению в процессе синтеза явного вида функций $F_1(x, x_M, t)$, $F_2(x, x_M, t)$. Причем задача синтеза должна быть решена таким образом, чтобы реакция системы (1),(6),(7) на задающее воздействие $q(t)$, по окончанию процесса адаптации, совпадала бы динамикой эталонной модели, описываемой уравнениями

$$\frac{dx_M(t)}{dt} = A_M \cdot x_M(t) + B_M \cdot q(t), \quad y_M(t) = x_M(t), \quad z_M(t) = g^T \cdot x_M(t), \quad (8)$$

где $z_M(t)$ - обобщенный выход модели, а структура и желаемые значения элементов соответствующих матриц, векторов и скалярных величин определены следующим образом:

$$A_M = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ a_{3M} & a_{2M} & a_{1M} \end{pmatrix}, \quad B_M = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ b_{1M} \end{pmatrix}, \quad g = \begin{pmatrix} g_1 \\ g_2 \\ g_3 \end{pmatrix}. \quad (9)$$

Здесь же приведена структура вектора g , выбор элементов которого связан с обеспечением строгой положительной определенности передаточной функции линейной стационарной части эквивалентной системы.

Постановка задачи прямого адаптивного управления: требуется в системе (1),(6),(7),(8) обеспечить, для любых начальных условиях и при наличии априорной параметрической неопределенности, уровень которой задан соотношениями (3),(4), выполнение следующих предельных целевых условий:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} (x(t) - x_H(t)) = 0, \quad (10)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} K(t) = K_0 = const, \quad \lim_{t \rightarrow \infty} C(t) = C_0 = const, \quad (11)$$

где K_0 и C_0 - некоторые, соответственно, число и вектор.

Синтез желаемой системы управления на основе адаптивной идентификации параметров объекта. Организационный принцип построения желаемой системы управления.

Для объекта (1), функционирующего в условиях априорной неопределенности (3),(4), необходимо построить замкнутую систему управления с использованием регулятора

$$u(t) = K_{Ж} * q(t) + C_{Ж}^T * x(t), \quad (12)$$

где $K_{Ж}$ и $C_{Ж}$ - постоянные, соответственно, скаляр и вектор; обеспечивая в системе (1),(12) заданное качество функционирования, соответствующее показателям качества желаемой системы управления, описываемой уравнением

$$\frac{dx_M(t)}{dt} = A_M * x_M(t) + B_M * r(t), \quad y_M(t) = x_M(t), \quad (13)$$

где матрица A_M и вектор B_M имеют вид (9).

Если бы числовые значения матрицы A и вектора B были бы известны, то искомые значения числа $K_{Ж}$ и элементов вектора $C_{Ж}$ легко было бы вычислить из следующих соотношений:

$$B * C_{Ж}^T = A_M - A, \quad B * K_{Ж} = B_M. \quad (14)$$

Учитывая выражения (2),(9), получаем следующий результат:

$$K_{Ж} = B_{1M}/B_1, \quad C_{Ж}^T = [(a_{3M} - a_3)/B_1 \quad (a_{2M} - a_2)/B_1 \quad (a_{1M} - a_1)/B_1]. \quad (15)$$

При использовании такого подхода к построению системы управления в виде (1),(12),(15), достаточно очевидно, что на предварительном этапе должна быть решена задача идентификации параметров объекта (1), т.е. априорно неопределенных матрицы A и вектора B .

Синтез адаптивной системы параметрической идентификации с настраиваемой моделью

Пусть объект идентификации, функционирующий в условиях априорной неопределенности вида (3),(4), описывается уравнениями

$$\frac{dx(t)}{dt} = A * x(t) + B * r(t), y(t) = x(t), \quad (16)$$

где $r(t)$ - сигнал идентификации, а структура матрицы A и вектора B известна и может быть представлена в виде: $A = (A_{\text{НП}} + B_0 * C_0^T)$, $B = B_0 * K_0$, при некоторых постоянных скалярной и векторной величинах K_0 и C_0 , а также при заданном векторе B_0 и нильпотентной матрице $A_{\text{НП}}$ вида

$$B_0 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \quad A_{\text{НП}} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}. \quad (17)$$

Постановка задачи параметрической адаптивной идентификации: требуется с помощью параллельной настраиваемой модели, описываемой уравнениями

$$\frac{dx_H(t)}{dt} = -N * (x(t) - x_H(t)) + A_H(t) * x(t) + B_H(t) * r(t), \quad y_H(t) = x_H(t), \quad (18)$$

где матрица N гурвицева, в частности, пусть $N = A_M$; матрицы $A_H(t)$ и $B_H(t)$ имеют заданную структуру

$$A_H(t) = A_{\text{НП}} + B_0 * C^T(t), \quad B_H(t) = B_0 * K(t), \quad (19)$$

обеспечить идентификацию параметров объекта (16), причём определить значения элементов матрицу A и вектор B необходимо таким образом, чтобы выполнялись следующие целевые условия:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} (x(t) - x_H(t)) = 0, \quad (20)$$

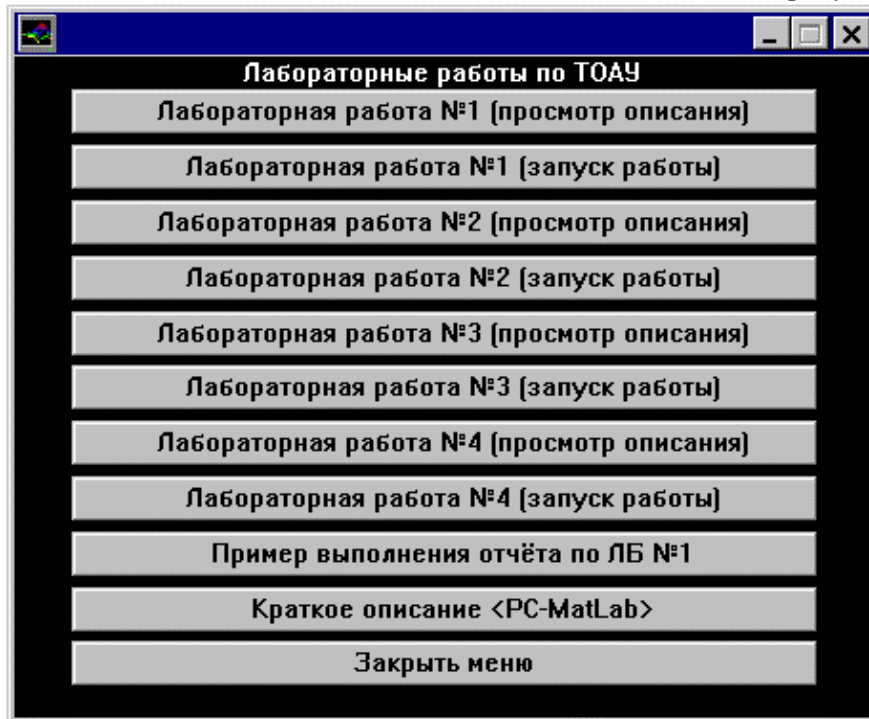
$$\lim_{t \rightarrow \infty} A_H(t) = \lim_{t \rightarrow \infty} (A_{\text{НП}} + B_0 * C^T(t)) = A_{\text{НП}} + B_0 * C_0^T = A, \quad (21)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} B_H(t) = \lim_{t \rightarrow \infty} B_0 * K(t) = B_0 * K_0 = \text{const} = B. \quad (22)$$

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И КОМПЛЕКТ ЗАДАНИЙ

Перечень лабораторных работ по ТОАУ: Лабораторная работа №1 - *Изучение базовых возможностей программной среды Matlab*; Лабораторная работа №2 - *Исследование моделей состояния динамических систем*; Лабораторная работа №3 - *Моделирование линейных систем с обратной связью*; Лабораторная работа №4 - *Исследование оптимальной системы управления (по быстрдействию)*.

С целью общей характеристики меню, предлагаемого лабораторного практикума, обратимся к его рабочему месту. В результате ввода команды *TOAU*, в рабочей области *MatLab Command Window* появляется диалоговое окно, показанное на рисунке.

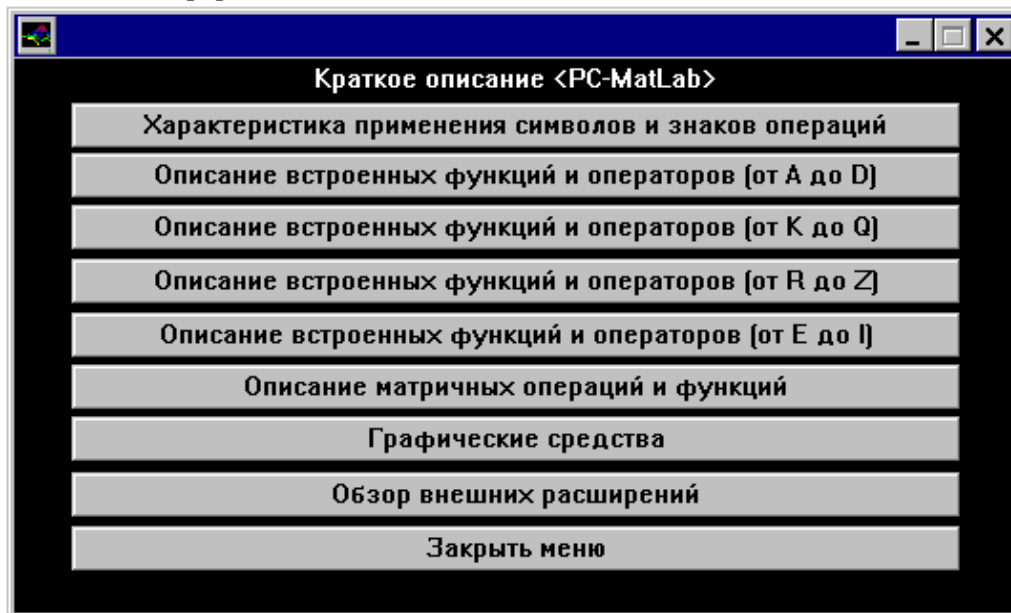


Представленное меню предлагает пользователю осуществить на выбор любое действие или любую последовательность действий: просмотреть описание соответствующей лабораторной работы; запустить интерактивный режим выполнения нужной лабораторной работы; просмотреть пример заполнения отчёта по лабораторной работе №1; просмотреть краткое описание программной среды MatLab; закрыть диалоговое окно.

Большинство из вышеперечисленных разделов меню не имеют уровней иерархии, но исключение составляет раздел, содержащий краткое описание MatLab и имеющий дополнительный или второй иерархический уровень. Действительно, в результате ввода данного раздела меню, на экран вызывается дополнительное диалоговое окно «Краткое описание <PC-MatLab>», внешний вид которого приведен на рисунке.

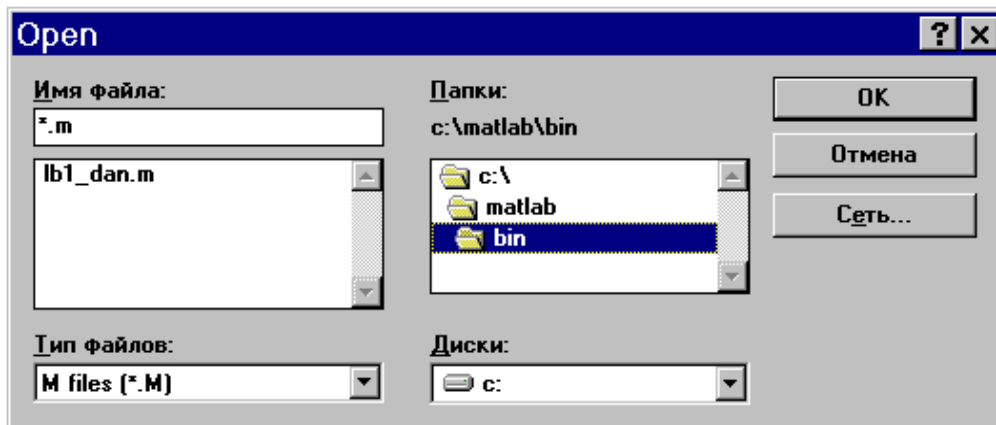
С помощью вызова этого дополнительного меню пользователь получает доступ к соответствующим разделам информационной справки, которая сжато описывает наиболее характерные особенности применения и базовые возможности программной среды MatLab. Применение программной среды MatLab даёт и некоторые дополнительные возможности, суть которых состоит в том, что использование новых компьютерных технологий может осуществляться как на этапе выполнения лабораторных работ, так и на этапе подготовки «*электронных отчётов*» по лабораторным работам, т.е. на стадии оформления отчётных документов в рамках безбумажной технологии. С этой целью, после «запуска» каждой лабораторной работы, формируется специальный файл данных, в который заносятся все текущие сведения о ходе выполнения лабораторной работы и ряд иных данных,

необходимых для оформления и сдачи отчёта.



Следует отметить, что указанный файл не формируется при проведении лабораторной работы №3, поскольку в этом нет необходимости: во-первых, в связи с тем, что выполнение лабораторной работы №3 не требует применения интерактивного режима и, во-вторых, в силу того, что студент подготавливает необходимый для проведения лабораторной работы функциональный файл - *lb_31.m*, ещё до начала её выполнения.

Если же такой файл данных будет сформирован, например, при выполнении первой лабораторной работы, то таким файлом будет файл *lb1_dan.m*, который сохраняется автоматически в папке или директории *bin*, что и подтверждает рисунок.



Опираясь на сведения, содержащиеся в файле *lb1_dan*, а также в файлах ему подобных, студент готовит авторские варианты отчётов по лабораторным работам, каждый из которых он затем и защищает.

Лабораторная работа №1

Изучение базовых возможностей программной среды Matlab

Если в меню «Лабораторные работы по ТОАУ», показанному на рис. Ч.1.1, выбрать и с помощью мыши задать ввод раздела - *Лабораторная работа №1 (проект описания)*, то это приведёт к появлению в рабочей области MatLab Command Window листинга программы скрипт-файла *lb_1op.m*. Листинг данной программы содержит наряду с краткими комментариями и методическими указаниями, также и описание соответствующей последовательности по применению операторов MatLab для выполнения требуемого набора заданий, за счёт: интерактивного ввода исходных данных; осуществления необходимых промежуточных преобразований; выполнения требуемых расчётов и пред-

ставления полученных результатов в желаемом виде.

Листинг скрипт-файла lb_1op.m¹

```
close
echo on
delete lb1_dan.m
clc
diary lb1_dan.m
%
%                               Лабораторная работа №1 (4-х часовая)
%   ИЗУЧЕНИЕ БАЗОВЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММНОЙ СРЕДЫ MatLab
diary off
% Замечание: В файле lb1_dan.m (C:\MATLAB\BIN) будут сохранены все Ваши число-
% вые результаты и тексты, необходимые для подготовки отчета по лабораторной
% работе, т.к. оператор DIARY копирует текущие данные в указанный файл.
%
% ЦЕЛЬ РАБОТЫ:
% Изучение основных приёмов работы с векторно-матричным способом представле-
% ния, описания, преобразования и обработки данных.
%
%                               1. ДЕЙСТВИЯ С МАТРИЦАМИ
%
%                               1.1. Ввод и простейшие операции
%
%   Все действия MatLab выполняет только с одним типом объектов - прямоуголь-
% ными матрицами (само название MatLab есть сокращение английского слово соче-
% тания matrix laboratory - лаборатория матриц).
%
%   Элементами матриц могут быть целые, вещественные или комплексные числа.
% Скалярным значениям соответствуют матрицы размера 1x1, а векторам - матрицы
% с
% одним столбцом или строкой.
%
%   Важная особенность: при определении переменных не требуется указывать их
% размерность, что дает большую свободу обращения с данными.
%
%   С примеров выполнения операций с матрицами Вы и начнете знакомство с
% возможностями языка MatLab.
pause      % Для продолжения работы нажмите любую клавишу, возможно,
%          предварительно щёлкнув мышью...
clc
%
%   Допустим, Вам требуется выполнить умножение двух матриц, например:
%
%       1 2      7 8 1
%   A =  3 4 ,   B =
%       5 0      9 0 2
%
%   Рассмотрим последовательность необходимых для этого действий.
%
%   После активизации среды и появления приглашения к работе надо сначала за-
% дать матрицы A и B. Для этого необходимо ввести две команды, например
%
%   A = [1 2; 3 4; 5 0]
%   B = [7 8 1; 9 0 2]
%
%   Теперь можно выполнить умножение введенных матриц:
%
%   C = A*B
%
%   Замечание: При выполнении данной лабораторной работы ввод значений осу-
% ществляется с клавиатуры с использованием функции INPUT.
pause      % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
clc
%
%   ЗАДАНИЕ 1.:
%
%   Сформируйте произвольным образом две прямоугольные матрицы и выполни-
% те их умножение. Для удобства, пусть размерности Ваших матриц будут следую-
```

¹ Данный и все последующие листинги программ приводятся в формате ASCII кодов

```

% щими:
%   A - (3x2) и B - (2x3), где первая цифра - число строк, а вторая - число столбцов.
%   Перед умножением проверьте "умножаемость" матриц, обращая внимание на
%   то, что между точками с запятой или скобкой и запятой записываются - СТРОКИ!!!
diary on
A = input('A=')
B = input('B=')
C=A*B
pause          % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
clc
diary off
%   Теперь все три матрицы A, B, и C сохраняются в памяти и доступны для испо-
%   лзования. Например, последнюю (квадратную) матрицу можно транспонировать:
diary on
D=C'
pause          % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
clc
diary off
%   Можно получить собственные числа с помощью функции EIG:
diary on
v=eig(C)
pause          % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
clc
diary off
%   Чтобы вычислить определитель матрицы, достаточно ввести строку:
diary on
d=det(C)
pause          % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
clc
diary off
%   Например, для вычисления ранга матрицы C можно использовать запись:
diary on
r=rank(C)
pause          % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
clc
diary off
%   MatLab позволяет так же просто выполнять практически все возможные дейст-
%   вия и операции с матрицами и векторами: сложение, вычитание, деление, возведе-
%   ние в степень, взятие логарифма, обращение (псевдообращение) и т.д.
%   Смысл большинства операций очевиден и они имеют естественную форму за-
%   писи, поэтому остановимся только на одной из них (требующей дополнительного
%   комментария), а именно - на операции деления матриц.
%
%
%           1.2. Деление матриц
%   Вследствие некоммутативности в общем случае матричного умножения в сре-
%   де MatLab имеются две разновидности операции деления матриц: правое деление
%   и левое, обозначаемые, соответственно, символами / и \.
%   Если, например, V и K - невырожденные квадратные матрицы (детерминанты %
%   матриц отличены от нуля), то X=B/V есть решение матричного уравнения X*V=B,
%   а Y=K\B соответствует системе уравнений K*Y=B.
%   Если решения не существует, т.е. система уравнений переопределена, то в ка-
%   честве ответа берется наилучшее возможное решение в смысле метода наимень-

```

```

% ших квадратов.
%     Если же решение не является единственным, т.е. система недоопределена, то
% берется решение в смысле метода наименьших квадратов, имеющее минималь-
% ную длину.
%     На практике достаточно удобно использовать следующие правила:
%         правое деление двух матриц возможно тогда, когда у них совпадает
%         число столбцов;
%         левое деление двух матриц возможно тогда, когда у них совпадает
%         число строк;
%
pause     % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
clc
%     Замечание: Необходимым условием успешного выполнения всех операций над
% над матрицами является соответствие размерностей матриц известным правилам
% линейной алгебры. В противном случае будет выдаваться сообщение об ошибке.
%
%     ЗАДАНИЕ 2.:
%     Учитывая размерность ранее сформированной матрицы В задайте и введите
% соответствующие невырожденные матрицы - V, K и выполните деление матриц.
diary on
V = input('V=')
X1=B\V
X2=V\B
K = input('K=')
Y1=K/V
Y2=B/K
pause     % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
clc
diary off
%         1.3. Модификация матриц
%     В языке MatLab существует возможность добавления и удаления столбцов и
% строк матрицы. Например, введем вектор b=[4 5] и добавим его как строку к ранее
% сформированной матрице A:
%     Замечание: Матрица A (в рассматриваемом случае) должна иметь два столб-
% ца, в противном случае система выдает сообщение об ошибке.
diary on
b = input('b=')
A=[A;b]
pause     % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
diary off
%     Если же после этого необходимо удалить, например, две последние строки, то
% для этого достаточно ввести команду:
diary on
A=A(1:2,:)
pause     % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
diary off
%     Можно выбрать любой один элемент матрицы, например, A(2,2), так:
diary on
A(2,2)
pause     % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
diary off
%     Переменная ANS генерируется автоматически, если вводится выражение без

```

```
% без знака присваивания.  
%   MatLab допускает сложные выражения и использование скобок.  
%   При этом действуют правила приоритетов, аналогичные языку Фортран.
```

```
%
```

2. УСЛОВНЫЕ ОПЕРАТОРЫ И ЦИКЛЫ

```
%
```

```
%   Язык MatLab имеет свои операторы управляющей логики: операторы циклов  
%   FOR и WHILE и оператор условного перехода IF. Синтаксис и выполнение дейст-  
%   вия этих операторов аналогичны соответствующим операторам во многих распро-  
%   страненных языках программирования, например, таком как Паскаль. Область  
%   действия каждого оператора управляющей логики должна ограничиваться словом  
%   END. MatLab допускает вложенность циклов и возможность досрочного выхода из  
%   них с помощью команды BREAK.
```

```
%   Для иллюстрации приведем следующие программные фрагменты.
```

```
%   Создание вектора нечетных чисел с использованием цикла FOR:
```

```
n = input('n=')
```

```
  for i=1:n
```

```
    x(i)=2*i-1;
```

```
  end
```

```
  x=x(1:n) % Только для демонстрации результата вычислений
```

```
pause % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
```

```
%   То же самое действие, но с использованием цикла WHILE:
```

```
  i=1;
```

```
  while i<=n
```

```
    x(i)=2*i-1;
```

```
    i=i+1;
```

```
  end
```

```
  x=x(1:n)
```

```
pause % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
```

```
%   И наконец, совсем искусственный вариант той же операции:
```

```
  i=1;
```

```
  while 1
```

```
    if i>n
```

```
break
```

```
  else
```

```
    x(i)=2*i-1;
```

```
    i=i+1;
```

```
  end
```

```
end
```

```
  x=x(1:n)
```

```
pause % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
```

```
clc
```

```
%
```

```
%
```

```
%
```

3. ФУНКЦИИ И М-ФАЙЛЫ

```
%
```

```
%   Выше уже упоминались некоторые функции языка MatLab, в частности, EIG,
```

```
%   DET, выполняющие действия с матрицами. MatLab содержит значительное число
```

```
%   базовых функций. Некоторые из функций "встроены" в среду MatLab, и их тексты
```

```
%   не доступны для пользователя. Остальные же функции являются доступными и со-
```

```
%   ставят библиотеку так называемых М-файлов, большей частью расположенных % в
```

```
%   тулбоксах MatLab. М-файл представляет собой обычный текстовый файл, содер-
```

```
%   жащий набор операторов (программу) языка MatLab. Если М-файл содержит текст
```



```

% функции, то его имя должно совпадать с именем этой же функции с добавлением
% расширения - m.
% Например, функция вычисляющая след матрицы - TRACE, содержится в M-
% файле с именем trace.m.
% Одним из важных достоинств среды MatLab является ее открытость.
% Пользователь может добавлять к имеющемуся набору функций среды и часть
% своих собственных функций, применяемых для решения своих конкретных задач
% посредством создания новых функциональных M-файлов.
pause % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
clc
%
% 3.1. Функциональные M-файлы
% Первая строка M-файлов для функций должна содержать обязательное слово
% "function" (функция), которое указывает системе на то, что это функциональный M-
% файл. Затем уже должно идти тело функции, т.е. программа реализуемого ею алго-
% ритма и написанная на языке MatLab.
% Для примера рассмотрим одну из базовых функций языка MatLab с именем
% MEAN, вычисляющую среднее значение.
% Введите произвольную прямоугольную числовую матрицу x.
diary on
x = input('x=')
mean(x)
diary off
pause % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
clc
% Выполненный M-файл (программа) mean.m выглядит следующим образом:
% function y = mean(x)
% %MEAN Average or mean value.
% %For vectors, MEAN(X) is the mean value
% %of the elements in vector X.
% %For matrices, MEAN(x) is a row vector containing
% %the mean value of each column.
% [m,n] = size(x);
% if m == 1
% m = n;
% end
% y = sum(x)/m;
% Разберем этот текст подробно.
% Первая строка: "function y = mean(x)", после ключевого слова function содержит
% объявление функции: ее имя, список входных аргументов в круглых скобках (в дан-
% ном случае один аргумент x) и список выходных аргументов перед знаком присваи-
% вания (тоже один аргумент y).
pause % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
clc
% Следующие пять строк:
% %MEAN Average or mean value.
% %For vectors, MEAN(X) is the mean value
% %of the elements in vector X.
% %For matrices, MEAN(x) is a row vector
% %containing the mean value of each column.;
% начинаются с символа "%", который вводит строчный комментарий на английском
% или русском языках. Следующее за этим символом содержание строки игнорирует-
% ся, т.е. не влияет на выполнение программы.

```

```
% В седьмой строке: "[m,n] = size(x);", вводятся две переменные m и n, значения
% которых возвращает функция вычисления длины вектора или и размера матрицы
% SIZE. Поскольку функция SIZE возвращает два значения, переменные в левой час-
% ти присваивания стоят в квадратных скобках.
% В восьмой-десятой строках:      "if m == 1
%                                 m = n;
%                                 end",
% следует условный оператор IF, обрабатывающий вариант: если x есть (1xn)-мат-
% рица. Обратите внимание на знак операции сравнения "==" в логическом условии
% оператора IF.
```

```
pause      % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
clc
```

```
% Последняя строка: "y = sum(x)/m;", завершает тело функции вычислением зна-
% чения возвращаемого аргумента y.
% Переменные m,n и u являются локальными для функции MEAN. Это означает,
% что их область действия ограничивается телом функции и они не существуют по-
% сле ее завершения.
```

```
%
%
%           3.2. Скрипт-файлы
```

```
% М-файл может также состоять из фрагмента программы, т.е. из некоторой по-
% следовательности операторов языка MatLab, не выделенный как отдельная функ-
% ция. Такие файлы называют скрипт-файлами. В отличие от функциональных фай-
% лов они не должны содержать слова "function". Все переменные, объявленные в
% скрипт-файле, становятся глобальными для программы, в которую он включен.
```

```
% Выделение части программы в М-файл бывает оправдано, если эта часть сос-
% тоит из большого числа операторов, используется в программе многократно или ее
% присутствие в явном виде в тексте программы затрудняет чтение или работу с по-
% следней.
```

```
pause      % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
clc
```

```
%
%           4. ГРАФИКА
```

```
% Проиллюстрируем графические возможности языка MatLab на нескольких прос-
% тых примерах.
```

```
% Ниже приведены примеры, взятые из М-файла plotdemo.m:
```

```
%
% Пример 1.: -----
%           |Тело программы           | Комментарий по строкам |
%           |-----|-----|
%           | t = 0:.3:10;           | Вектор t с элементами  |
%           |                       | от 0 до 10 с шагом 0.3. |
%           | y = sin(t);           | у - вектор, элементы ко- |
%           |                       | торого есть значения функции |
%           |                       | sin.                     |
%           | plot(t,y)             | Оператор строит график |
%           |                       | функции у(t).           |
%           | title('A simple X-Y plot') | Оператор вывода заго- |
%           |                       | ловка "A simple X-Y plot" ввер- |
%           |                       | ху текущего поля в графичес- |
%           |                       | ком режиме по центру строки. |
%           |-----|-----|
%
```

```

%    ВНИМАНИЕ!!!
%    Раскройте окно "Figure №..."
%    Уменьшив размеры этого окна, переместите его в нижнюю половину (или
% треть) экрана.
%
pause          % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
clc
clg
t = 0:3:10;
y = sin(t);
plot(t,y)
title('A simple X-Y plot'), pause % Для продолжения работы нажмите любую клавишу...
clc
clg
%    Далее будут даны только тела программ без поясняющих комментариев.
%    Для ознакомления с графическим выводом, графическими комментариями, а
% также управлением графическим окном см. "Краткое описание <PC-MatLab>."
%
%    ЗАДАНИЕ 3.:
%    При подготовке отчета по лабораторной работе опишите содержание строк
% программ (в нижеследующих примерах), помеченных как: -!-.
%
diary on
%
%    Пример 2.:
%          plot(t,y,'+')
%          title('Now with a + symbol, and with grid lines')
% -!-      grid
% -!-      xlabel('I do labels too.')
% -!-      ylabel('Hello, World.')
pause      % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
diary off
plot(t,y,'+'), title('Now with a + symbol, and with grid lines')
grid, xlabel('I do labels too.'), ylabel('Hello, World.'), pause
clc
clg
diary on
%
%    Пример 3.:
% -!-      plot(t,y,t,2*y,t,3*y,t,4*y)
%          title('Four different line-types')
pause      % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
diary off
plot(t,y,t,2*y,t,3*y,t,4*y)
title('Four different line-types'), pause
clc
clg
diary on
%
%    Пример 4.:
%          t = 0:5:10;
% -!-      plot(t,t,'.',t,2*t+3,'+',t,3*t+6,'*',t,4*t+9,'o',t,5*t+12,'x')

```

```

%           title('Five different marker-types')
pause      % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
diary off
t = 0:5:10;
plot(t,'.',t,2*t+3,'+',t,3*t+6,'*',t,4*t+9,'o',t,5*t+12,'x')
title('Five different marker-types'), pause
clc
clg
diary on
%
%   Пример 5.:
%           t = .1:1:3;
% -!-      loglog(exp(t),exp(t.*t))
%           title('I do loglog and semilog plots')
pause      % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
diary off
t = .1:1:3;
loglog(exp(t),exp(t.*t)), title('I do loglog and semilog plots'), pause
clc
clg
diary on
%
%   Пример 6.:
%           t = 0:.05:pi+.1;
%           y = sin(5*t);
% -!-      polar(t,y),
%           title('And polar plots too'),
%           grid
pause      % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
diary off
t = 0:.05:pi+.1;
y = sin(5*t);
polar(t,y), title('And polar plots too'), grid, pause
clc
clg
diary on
%
%   Пример 7.:
%           t=0:.3:30;
% -!-      subplot(221), plot(t,sin(t)),title('Subplots')
%           subplot(222), plot(t,t.*sin(t))
%           subplot(223), plot(t,t.*sin(t).^2)
%           subplot(224), plot(t,t.^2 .*sin(t).^2)
% -!-      subplot
pause      % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
diary off
t=0:.3:30;
subplot(221), plot(t,sin(t)),title('Subplots')
subplot(222), plot(t,t.*sin(t)), subplot(223), plot(t,t.*sin(t).^2)
subplot(224), plot(t,t.^2 .*sin(t).^2), subplot, pause
echo on
clc

```

```

clg
%
%
%           5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ
%
% 1. Поясните следующие положения линейной алгебры:
%     Как умножаются прямоугольные матрицы?
%     Что характеризуют собственные числа матрицы?
%     Что такое ранг матрицы?
%     Объясните особенности правого и левого деления прямоугольных
%     матриц?
% 2. Чем отличаются функциональные и скрипт М-файлы, приведите примеры
%     таких файлов?
% 3. Почему в лаб. работе для ввода исходных данных использовалась
%     функция INPUT?
% 4. Поясните смысл следующих операторов и функций: title; xlabel; grid;
%     axis; clc; clg; subplot; if; else; elseif; for; while; polar; rank?

```

Лабораторная работа №2

Исследование моделей состояния динамических систем

Если же в меню «Лабораторные работы по ТОАУ», выбрать и ввести раздел - *Лабораторная работа №2 (просмотр описания)*, то это приведёт (как и предыдущем случае) к появлению в рабочей области MatLab Command Window листинга программы, принадлежащего скрипт-файлу lb_2op.m.

Листинг скрипт-файла lb_2op.m

```

close
echo on
delete lb2_dan.m
clc
diary lb2_dan.m
%
%           Лабораторная работа N2 (4-х часовая)
%           ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ
%
diary off
% Замечание: ЗАПОМИНАЙТЕ ВСЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ,
%           ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ОТЧЕТА!!!
% С этой целью для каждого графического изображения:
% во-первых, для изображения, появляющегося в окне "Figure No.1", в его меню
% откройте раздел "Edit" и введите команду "Copy to bitmap".
% Во-вторых, нажмите кнопку "Пуск" и задайте положения:
% "Программы", "Стандартные", "Графический редактор Paint".
% В-третьих, т.к. изображение помещено в буфер, откройте раздел "Правка"
% графического редактора, введите команду "Вставить" и команду "Сохранить как..."
% (раздела меню "Файл).
%
%           Сохраняйте файлы под удобным для Вас именем !!!
%
pause           % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
clc
%
% ЦЕЛЬ РАБОТЫ:
% Исследование динамических свойств основных типов моделей состояния систем
% управления: линейных и нелинейных, непрерывных и дискретных.

```

```

%                               ЛИНЕЙНЫЕ И НЕЛИНЕЙНЫЕ МОДЕЛИ
%   1. Модели состояния линейных непрерывных систем
%   Рассматривается непрерывная система управления, описываемая линейным
%   дифференциальным уравнением второго порядка
%
%    $b_0*y''(t) + b_1*y'(t) + b_2*y(t) = a_0*u'(t) + a_1*u(t),$ 
%
%   где  $b_0, b_1, b_2, a_0, a_1$  - некоторые постоянные коэффициенты;  $y(t)$  - выход системы
%   (координата, переменная);  $u(t)$  - вход системы (управляющее воздействие).
%   Если ввести комплексную переменную  $s$ , то получив изображения по Лапласу -
%    $y(s), u(s)$ , соответственно для переменных -  $y(t)$  и  $u(s)$ , то для указанного уравнения
%   можно записать следующую передаточную функцию:
%
%   
$$W(s) = \frac{y(s)}{u(s)} = \frac{a_0*s + a_1}{b_0*s^2 + b_1*s + b_2}.$$

%
%   pause          % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
%   clc
%   Для задания описания системы в виде передаточной функции указанного вида,
%   например, при следующих значениях коэффициентов  $a_0=0.3; a_1=1; b_0=1; b_1=0.4;$ 
%    $b_2=1$ ; в MatLab используется следующие команды:
%   num = [.3 1];
%   den = [1 .4 1];
%
%   ЗАДАНИЕ 1.:
%   Введите числитель передаточной функции при положительных значениях его %
%   коэффициентов
%   diary on
%   num = input('num=')
%   pause          % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
%   clc
%   diary off
%   Введите знаменатель передаточной функции для нескольких вариантов опре-
%   деления его положительных коэффициентов, т.е. рассматривая характеристичес-
%   кое уравнение
%
%    $D(s) = b_0*s^2 + b_1*s + b_2,$ 
%
%   промоделируйте переходные процессы и импульсные переходные характеристики
%   в системе при выполнении следующих условий:
%   1.1) корни  $D(s)$  - отрицательные и вещественные;
%   diary on
%   den = input('den=')
%   pause          % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
%   clc
%   diary off
%   Поскольку MatLab для расчетов использует только векторно-матричную форму
%   записи, то для линейных систем необходимо ее описать в пространстве состояний
%   и представить в следующем виде:
%
%    $x' = a*x + b*u,$ 

```

```

%          y = c*x + d*u.
%
%    Такой переход выполняется с помощью программы - tf2ss(num,den)
%
pause      % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
diary on
[a,b,c,d] = tf2ss(num,den)
pause      % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
clc
diary off
%    Для построения переходного процесса h(t) используется программа MatLab -
%    step(a,b,c,d,1,t); а для построения импульсной переходной характеристики w(t),
%    программа impulse(a,b,c,d,1,t); для применения которых необходимо задать и вес-
%    ти интервал времени и шаг дискретизации (шаг должен быть малым, если модели-
%    руется непрерывная система). Например, задание переходного процесса в секун-
%    дах от tmin=0 (с) до tmax=15 (с) и с шагом i=0.03 (с), имеет вид t = 0:.03:15.
%    При выборе t воспользуйтесь следующей рекомендацией: время переходного
%    процесса приблизительно равно (3-4) суммам всех постоянных времени; значение
%    постоянных времени можно определить как величины обратные значениям веще-
%    ственных корней или вещественных частей комплексных корней характеристичес-
%    кого уравнения.
%
pause      % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
t = input('t=');
y1 = step(a,b,c,d,1,t);
y2 = impulse(a,b,c,d,1,t);
subplot(211),plot(t,y1),title('h(t)'),xlabel('time(sec)'),
subplot(212),plot(t,y2),title('w(t)'),xlabel('time(sec)'), pause
close
clg
%          1.2) корни D(s) - комплексные с отрицательной вещественной частью;
diary on
den = input('den=')
[a,b,c,d] = tf2ss(num,den)
pause      % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
clc
diary off
t = input('t=');
y1 = step(a,b,c,d,1,t);
y2 = impulse(a,b,c,d,1,t);
subplot(211),plot(t,y1),title('h(t)'),xlabel('time(sec)'),
subplot(212),plot(t,y2),title('w(t)'),xlabel('time(sec)'),pause
close
clg
%          1.3) корни D(s) - нулевой и отрицательный вещественный;
diary on
den = input('den=')
[a,b,c,d] = tf2ss(num,den)
pause      % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
clc
diary off
t = input('t=');

```

```

y1 = step(a,b,c,d,1,t);
y2 = impulse(a,b,c,d,1,t);
subplot(211),plot(t,y1),title('h(t)'),xlabel('time(sec)'),
subplot(212),plot(t,y2),title('w(t)'),xlabel('time(sec)'),pause
close
clg
%
%                               2. Модели состояния линейных дискретных систем
%
%   Рассматривается дискретная система управления, описываемая линейными
%   разностными уравнениями следующего вида
%
%            $x[n+1] = A*x[n] + B*u[n]$  - уравнение состояния,
%            $y[n] = c*x[n] + d*u[n]$  - уравнение выхода.
%
%   к которому можно перейти от непрерывной модели, записанной в виде
%
%            $x'(t) = a*x(t) + b*u(t)$  - уравнение состояния,
%            $y(t) = c*x(t) + d*u(t)$  - уравнение выхода.
%
%   используя функцию (программу) MatLab - c2d(a,b,k), где k - шаг дискретизации (для
%   удобства сопоставления дискретных и аналоговых вариантов, в дальнейшем ис-
%   пользуется значение k=1). Заметим, что здесь преобразуются только уравнения со-
%   стояния системы.
pause      % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
clc
%   ЗАДАНИЕ 2.:
%   Задайте и введите, для непрерывной линейной модели, значения коэффициен-
%   тов первой строки [-a11 -a12 -a13] матрицы {a}, учитывая, что другие строки мат-
%   рицы {a} уже заданы, а также определены: b=[1;0;0]; d=[0]. Рекомендуем выбирать
%   значения коэффициентов матрицы {a} из условий устойчивости, согласно которым
%   (для данного случая), должно выполняться условие  $a_{11} * a_{12} > a_{13}$ .
%   Кроме того, при задании временных интервалов для непрерывного времени t и
%   дискретного времени n, используйте условие  $n = t_{max} + 1$ , где  $t_{max}$  - целое число.
diary on
k = 1;
b = [1;0;0];
d = [0];
a = [1 0 0;0 1 0];
a1 = input('a1=');
a =[a1;a]
c = input('c=') % Напоминаем, что данная матрица формирует выход системы...
t = input('t=');
n = input('n=')
diary off
y0=step(a,b,c,d,1,t);
subplot(221),plot(t,y0,'g'),title('h(t)'),xlabel('time(sec)'),grid,
subplot(212),plot(t,y0,'g'),title('h(t)'),xlabel('time(sec)'),grid,hold
[A,B]=c2d(a,b,k)
y1 = dstep(A,B,c,d,1,n);
subplot(212),stairs(y1),title('h(n)'),grid,hold off
subplot(222), stairs(y1),title('h(n)'),xlabel('time(sec)'),grid,pause
close

```



```

clg
c = [1 1 1];          % Выход сформирован как сумма фазовых координат системы!
y2=impulse(a,b,c,d,1,t);
subplot(221),plot(t,y2,'b'),title('w(t)'),xlabel('time(sec)'),grid,
subplot(212),plot(t,y2,'b'),title('w(t)'),xlabel('time(sec)'),grid,hold
y3 = dimpulse(A,B,c,d,1,n);
subplot(212), stairs(y3),title('w(n)'),grid,hold off
subplot(222), stairs(y3),title('w(n)'),xlabel('time(sec)'),grid,pause
close
clg
%   ПРИ ПОДГОТОВКЕ ОТЧЕТА, опишите содержание исходных данных и охарак-
%   теризуйте полученные характеристики h(t) и w(t), для всех вариантов моделирова-
%   ния.
pause          % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
clc
%
%               3. Модели состояния нелинейных непрерывных систем
%
%   Рассматривается нелинейная система управления, описываемая обыкновен-
%   ными дифференциальными уравнениями первого порядка:
%    $y(1)' = y(2)$ ,
%    $y(2)' = a1*y(1) + a2*y(2) + a3*(r + y(3)*y(1) + y(4)*y(2))$ ,
%    $y(3)' = a4*y(1)*(r - y(1) - a5*y(2))^3$ ,
%    $y(4)' = a6*y(2)*(r - y(1) - a5*y(2))^3$ ,
%   где a1,a2,a3,a4,a5,a6 - положительные постоянные коэффициенты, y1, y2, y3, y4 -
%   фазовые координаты системы; r=const - задающее воздействие.
%   Для решения систем такого типа MatLab использует программу ODE23 или
%   ODE45, а также функцию MatLab - function уprime = ур(t,y), которая для нашего слу-
%   чая уже сформирована в виде файла lb_21.m.
%   Применение программ ODE23 или ODE45 требует задания моментов времени
%   t0 и tfinal; вектора начальных условий для координат системы, а также введения
%   погрешности интегрирования - tol, и условий визуализации процесса вычислений
%   возвращаемых переменных - trace. Обычно начальный момент времени:
t0=0;
pause          % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
clc
%   ЗАДАНИЕ 3.:
%   Задайте конечный момент времени tfinal, который должно быть меньше или ра-
%   вен 20:
tfinal = input('tfinal=');
clc
%   Задайте значение вектора начальных условий, учитывая, что y1(0) и (или)
%   y2(0) не должны быть равными нулю. Рекомендуем начальные значения задавать
%   из диапазона {-0.5<y0<0.5}. Размерность вектора строки y0 = [...] должна строго со-
%   ответствовать числу интегрируемых уравнений, которое в рассматриваемом слу-
%   чае равно 4.
diary on
y0 = input('y0=')
diary off
%   Пусть значение погрешности интегрирования будет следующим:
tol = 1.e-3;
%   а визуализация процесса вычислений возвращаемых переменных будет произво-
%   дится при условии

```

```

trace = 1;
%
type lb_21
pause % Для продолжения работы нажмите любую клавишу ...
[t,y] = ode45('lb_21',t0,tfinal,y0,tol,trace);
subplot(221),plot(t,y(:,1)), title('y1(t)'),
subplot(222),plot(t,y(:,2)), title('y2(t)'),
subplot(223),plot(t,y(:,3)), title('y3(t)'),
subplot(224),plot(t,y(:,4)), title('y4(t)'), pause
subplot
plot(y(:,1),y(:,2)), title('y2=F(y1)'),pause
clc
%
% КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ
% 1. Поясните следующие положения:
% Что такое переходной процесс?
% Что такое импульсная переходная функция?
% Что такое характеристическое уравнение?
% Объясните особенности математического описания линейных непрерыв-
% ных и дискретных систем?
% 2. Охарактеризуйте содержание функциональных М-файлы: c2d(a,b,n)
% и tf2ss(num,den).
% 3. Охарактеризуйте смысл графика y2=F(y1), построенного в последнем пункте
% лабораторной работы.
% 4. Каково назначение функции hold?

```

При выполнении лабораторной работы №2, см. задание 3, используется файл - lb_21.m, а также в дополнительной части работы - это файлы dor2.m и dorlb_2.m, содержание которых и приводится ниже:

Листинг функционального файла lb_21.m

```

function yprime = lb_21(t,y);
a1=1; a2=3;
a3=1; a4=80; a5=1.5; a6=30; r=1;
yprime=[y(2); a1*y(1)+a2*y(2)+a3*(r+y(3)*y(1)+y(4)*y(2));...
        a4*y(1)*(r-y(1)-a5*y(2))^3; a6*y(2)*(r-y(1)-a5*y(2))^3];

```

Листинг скрипт-файла dor2.m

```

echo on
clc
%
% ПЕРЕД МОДЕЛИРОВАНИЕМ ЭТОЙ СИСТЕМЫ ВОЙДИТЕ В ФАЙЛ dorlb_2
% И ЗАДАЙТЕ СВОИ ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ !!!
%
% Рассматривается нелинейная система управления, описываемая обыкновен-
% ными дифференциальными уравнениями первого порядка:
%
% y1' = y2,
% y2' = a1*y1 + a2*y2 + a3*(r - y1*y3 - y2*y4),
% y3' = a4*y1*(a5*y1 + a6*y2)^3,
% y4' = a7*y2*(a5*y1 + a6*y2)^3,
% где a1,a2,a3,a4,a5,a6,a7 - положительные постоянные коэффициенты, y1,y2, y3, y4
% - фазовые координаты системы; r - задающее воздействие.
t0=0;
tfinal = 2;%input('tfinal=');

```

```

y0 = [.2 0 0 0]; %input('y0=')
tol = 1.e-3;
trace = 1;
type doplb_2,% pause
[t,y] = ode45('doplb_2',t0,tfinal,y0,tol,trace);
subplot(221),plot(t,y(:,1)), title('y1(t)'),
subplot(222),plot(t,y(:,2),'g'), title('y2(t)'),
subplot(223),plot(t,y(:,3),'b'), title('y3(t)'),
subplot(224),plot(t,y(:,4)), title('y4(t)'), pause
subplot
plot(y(:,1),y(:,2)), title('y2=F(y1)'),pause

```

Листинг функционального файла doplb_2.m

```

function yprime = doplb_2(t,y);
%
% При моделировании системы Вы можете изменять значения следующих коэф-
% фициентов:
% a1, a2, a4, a5, a6.
%
a1=1;
a2=3;
a3=1;
a4=80;
a5=1.5;
a6=30;
%
r=1;
%
yprime=[y(2); a1*y(1)+a2*y(2)+a3*(r+y(3)*y(1)+y(4)*y(2));...
a4*y(1)*(r-y(1)-a5*y(2))^3; a6*y(2)*(r-y(1)-a5*y(2))^3];

```

Как в данной, так впрочем и во всех других лабораторных работах, мы не останавливаемся на подробном изложении теоретического материала, поскольку все необходимые сведения пользователь может найти в учебнике: Ерёмин Е.Л. Теоретические основы автоматизированного управления: Курс лекций АмГУ, Выпуск №1. Благовещенск.: Изд-во АмГУ, 1998. - 230 с.

Лабораторная работа №3

Моделирование линейных систем с обратной связью

Если же в меню «Лабораторные работы по ТОАУ», выбрать и ввести раздел - ***Лабораторная работа №3 (просмотр описания)***, то в рабочей области MatLab Command Window появится листинг программы, принадлежащий скрипт-файлу lb_3ор.m.

Листинг скрипт-файла lb_3ор.m

```

close
echo on
clc
%
%
% Лабораторная работа N3 (2-х часовая)
%
% МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ
% С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ
%
% Запоминайте все графические изображения, для подготовки отчета!!!
%

```



```

clc
% Пусть:
t0=0;
tol = 1.e-3;
trace = 1;
%
tfinal = input('tfinal=');
y0 = [0 0 0.1];
clc
%
type lb_31
pause
[t,y] = ode45('lb_31',t0,tfinal,y0,tol,trace);
subplot(211),plot(t,y(:,1)), title('y1(t)'),
subplot(223),plot(t,y(:,2)), title('y2(t)'),
subplot(224),plot(t,y(:,3)), title('y3(t)'), pause
subplot
plot(y(:,1),y(:,2)), title('y2=F(y1)'),pause
clc
%
%                КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ
%    1. Поясните следующие положения:
%        Что такое отрицательная обратная связь?
%        Чем отличаются замкнутые системы от разомкнутых?
%        Если обратная связь положительная, то к чему это может привести?
%    2. Сформулируйте необходимые и достаточные условия устойчивости линей-
%       ных непрерывных систем.
%    3. Сформулируйте критерии устойчивости линейных систем.
%

```

Лабораторная работа №4

Исследование оптимальной системы управления (по быстродействию)

При выборе и вводе в меню «Лабораторные работы по ТОАУ» раздела - *Лабораторная работа №4 (просмотр описания)*, в рабочей области MatLab появляется листинг программы, соответствующий скрипт-файлу lb_4op.m.

Листинг скрипт-файла lb_4op.m

```

close
echo on
clc
global d1 d2 d3 d4 d5 d6 um
diary lb4_dan.m
%
%                Лабораторная работа №4 (4-х часовая)
%
%                ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
%                (по быстродействию)
%
%    Для подготовки отчета, запоминайте все графические изображения !!!
%
%                ЧАСТЬ ПЕРВАЯ (2 часа)
diary off
%                Некоторые теоретические сведения
%
-----

```

```

%      Рассматривается задача оптимального управления,
%       $dx_1/dt = x_2, dx_2/dt = k*u, k=const>0,$  (1)
%       $mod(u) \leq 1,$  (2)
%       $x_1(t_{нач})=x_1(0), x_2(t_{нач})=x_2(0),$  (3)
%       $x_1(t_{кон})=x_1(T), x_2(t_{кон})=x_2(T)=0,$  (4)
%       $J = t_{кон} - t_{нач} = T \rightarrow \min.$  (5)
% решение которой, как известно, приводит к следующему закону управления

%      1, при  $-S(x)>0,$ 
%       $u_{опт} =$  (6)
%      -1, при  $-S(x)<0.$ 
% где - линия переключения, проходящая через начало координат при  $x_1(T)=0,$  опи-
% сывается уравнением
%       $S(x) = x_1 - x_1(T) + 0.5 * x_2 * mod(x_2)/k \sim = 0.$  (7)
% Очевидно, что закон управления можно записать и следующим образом:
%       $u_{опт} = - sign[S(x)].$  (8)
pause
clc
%      Особенностью уравнения (8) является то, что его реализация связана с апри-
% орным знанием числовых значений параметров объекта управления. Однако на
% практике эти значения приходится определять экспериментально, как правило, с
% помощью тех или иных процедур идентификации. Например, пусть в уравнениях
% (1) значение коэффициента усиления k заранее неизвестно и пусть его числовое
% значение k~ найдено на основе проведения некоторого эксперимента. Поскольку
% результат экспериментального определения значения числового коэффициента k~
% (по отношению к истинному k) может привести к одному из трех случаев:
%       $k \sim = k, k \sim > k, k \sim < k,$ 
% где случай равенства может рассматриваться как "идеальный", то далее при моде-
% лировании исследуются все возможные варианты реализации линии переключе-
% ния (см. далее случаи: 2,3 и 4).
%      Кроме того, поскольку при моделировании системы управления (1)-(4),(7),(8),
% синтезированной для непрерывного времени, используется дискретная вычислите-
% льная техника (ПЭВМ), то на примере данной системы проводится дополнительное
% исследование проблемы влияния величины шага дискретизации h, на работоспо-
% собность системы оптимального управления, что имеет практическую значимость.
% См. случай 1, где "должен" быть выбран шаг h=0.3, т.е. заведомо "плохой" с пози-
% ции эквивалентности дискретной задачи исследования к ее непрерывного аналога.
pause
clc
%
%      Практическая часть работы
%      -----
diary on
%      ПОСТРОЕНИЕ ЛИНИИ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ:
%      Введем основные и дополнительные константы:
%      пусть значение модуля управления будет следующим:
um = 1;
%      введите "истинное" значение коэффициента передачи объекта k=d1, напри-
% мер, приблизительно равное 2:
d1 = input('d1=');
%      пусть d2 - "идентифицированное" значение коэффициента передачи объекта
% k~. Вначале предполагается, что оно совпадает с истинным значением, k~ = k т.е.:
d2 = d1;

```

```

%    введите конечное значение для переменной y(1), например, равное 3:
d3 = input('d3='),
%    задайте требуемый интервал (модуль) изменения переменной по оси абсцисс.
% Целесообразно это значение выбрать превышающим модуль конечного значения
% по переменной y(1), т.е. значение d3, например, приблизительно в полтора раза:
d4 = input('d4='),
diary off
%
%
%                ЗАДАНИЕ ДЛЯ ПЕРВОЙ ЧАСТИ:
%                Моделирование динамики системы оптимальной по быстродействию:
%
%    Далее при моделировании используется постоянный шаг дискретизации, за-
%    дайте последовательно h=0.3 (случай 1) и h=0.01 (случаи 2,3,4).
pause
clc
%
%                СЛУЧАЙ 1. Идеальная линия переключения (h=0.3):
t0=0;
%    Задайте значение конечного момента времени моделирования приблизительно-
%    но равным от 8 до 12 (сек):
tfinal = input('tfinal=');
%    задайте начальные значения по переменным y(1), y(2) (рекомендуем задавать
%    это значение по модулю не более 1.5 и выбирать начальную точку в третьем квад-
%    ранте):
y0 = input('y0=');
tol = 1.e-3;
trace = 1;
%
type lb_41,
[t,y] = a_ode45('lb_41',t0,tfinal,y0,0,tol,trace);
x1 = -d4:.02:d3;
y1 = sqrt(abs(2*um*d1*(x1-d3)));
x2 = d3:.02:d4;
y2 = -sqrt(2*um*d1*(x2-d3));
plot(x1,y1,'g',x2,y2,'g'), grid, hold on, pause
plot(y(:,1),y(:,2)), title('y2=F(y1)'), hold, pause
subplot(211),plot(t,y(:,1)), title('y1(t)'), grid,
subplot(212),plot(t,y(:,2),'g'), title('y2(t)'), grid, pause
subplot
close
clg
clc
%
%
%                СЛУЧАЙ 2. Идеальная линия переключения (h=0.01):
%
type lb_41,
[t,y] = a_ode45('lb_41',t0,tfinal,y0,0,tol,trace);
x1 = -d4:.02:d3;
y1 = sqrt(abs(2*um*d1*(x1-d3)));
x2 = d3:.02:d4;
y2 = -sqrt(2*um*d1*(x2-d3));
plot(x1,y1,'g',x2,y2,'g'), grid, hold on,
plot(y(:,1),y(:,2)), title('y2=F(y1)'), hold, pause

```

```

subplot(211),plot(t,y(:,1)), title('y1(t)'), grid,
subplot(212),plot(t,y(:,2),'g'), title('y2(t)'), grid, pause
subplot
close
clg
clc
%
%           СЛУЧАЙ 3. Линия переключения проходит "ниже" идеальной
%           (скользящий режим):
%
%   Пусть "идентифицированное" значение коэффициента передачи объекта  $k$  бу-
%   дет равно:
d2=d1*1.05      % рассматривается случай, когда  $k \sim k$ 
%
type lb_41,
[t,y] = a_ode45('lb_41',t0,tfinal,y0,0,tol,trace);
x1 = -d4:.02:d3;
y1 = sqrt(abs(2*um*d1*(x1-d3)));
x2 = d3:.02:d4;
y2 = -sqrt(2*um*d1*(x2-d3));
plot(x1,y1,'g',x2,y2,'g'), grid, hold on,
plot(y(:,1),y(:,2)), title('y2=F(y1)'), hold, pause
subplot(211),plot(t,y(:,1)), title('y1(t)'), grid,
subplot(212),plot(t,y(:,2),'g'), title('y2(t)'), grid, pause
subplot
close
clg
clc
%
%           СЛУЧАЙ 4. Линия переключения проходит "выше" идеальной:
%
%   Пусть "идентифицированное" значение коэффициента передачи объекта  $k$  бу-
%   дет равно:
d2=d1*0.95      % рассматривается случай, когда  $k \sim k$ 
%
type lb_41,
[t,y] = a_ode45('lb_41',t0,tfinal,y0,0,tol,trace);
x1 = -d4:.02:d3;
y1 = sqrt(abs(2*um*d1*(x1-d3)));
x2 = d3:.02:d4;
y2 = -sqrt(2*um*d1*(x2-d3));
plot(x1,y1,'g',x2,y2,'g'), grid, hold on,
plot(y(:,1),y(:,2)), title('y2=F(y1)'), hold, pause
subplot(211),plot(t,y(:,1)), title('y1(t)'), grid,
subplot(212),plot(t,y(:,2),'g'), title('y2(t)'), grid, pause
subplot
close
clc
clg
clc
%
%           ЧАСТЬ ВТОРАЯ (2 часа)
%
```



```

%                               Некоторые теоретические сведения
%                               -----
%   Рассматривается задача оптимального управления:
%       dx1/dt = x2, dx2/dt = -a*x2+b*u, a,b=const>0,           (9)
%       mod(u)<=1,                                             (10)
%       x1(тнач)=x1(0), x2(тнач)=x2(0),                       (11)
%       x1(ткон)=x1(T)=0, x2(ткон)=x2(T)=0,                   (12)
%       J = ткон - тнач = T ---> min.                          (13)
% решение которой, как и в предыдущем случае, приводит к закону управления
%       1, при -S(x)>0,
%       uопт =                                                 (14)
%       -1, при -S(x)<0.
% где - линия переключения, проходящая через начало координат описывается урав-
% нением
%       S(x) = x1+(1/a){x2-(b/a)*[ln(mod(x2)/(b/a)+1)]*sign(x2)} = 0, (15)
% где ln - натуральный логарифм.

```

```

pause
clc

```

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВТОРОЙ ЧАСТИ:

1. Напишите программу (в виде М-файла под именем lb_42, используя в качестве аналога функциональный файл lb_41), для оптимальной по быстродействию системы управления вида (9)-(15).
2. Согласно варианту промоделируйте систему (9)-(15) при соответствующих начальных условиях.

ВАРИАНТЫ:

		Начальные условия	
№п/п		x1(0)	x2(0)
1		-0.5	-4.1
2		0.5	4.2
3		-0.2	4.5
4		0.2	-4.5
5		-0.5	-4.2
6		0.5	4.1
7		-0.2	4.4
8		0.2	-4.6
9		-0.5	-3.9
0		0.5	3.9

ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЛИНИИ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ:

```

%   Введем обозначения и числовые значения констант, входящих в математичес-
%   кое описание системы управления (9)-(15):
d2=.5;      % постоянная времени (1/a)
d4=5;      % максимальное изменение по x1 для построения линии переключения
d5=1/d2;   % обратное значение постоянной времени (a)
d6=4;      % коэффициент усиления (b)
d1=d6/d5;  % приведенный коэффициент усиления (b/a)

```

```

%
%           Моделирование динамики системы оптимальной по быстродействию:
diary on
t0=0;
tfinal = 2;
y0 = input('y0=');
tol = 1.e-3;
trace = 1;
diary off
type lb_42,
[t,y] = a_ode45('lb_42',t0,tfinal,y0,0,tol,trace);
x1 = -d4:.005:0;
y1 = d2*(-x1-d1*log(abs(x1/d1-1)));
x2 = 0:.005:d4;
y2 = d2*(-x2+d1*log(abs(x2/d1+1)));
plot(y1,x1,'g',y2,x2,'g'), grid, hold on,
plot(y(:,1),y(:,2)), title('y2=F(y1)'), hold, pause
subplot(211),plot(t,y(:,1)), title('y1(t)'), grid,
subplot(212),plot(t,y(:,2),'g'), title('y2(t)'), grid, pause
subplot
diary off
close
clg
clc

```

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ ОТЧЕТА

```

%
%           1. Должны быть представлены все исходные данные, при которых проводилось
% моделирование, а также все графики в виде bmp-картинок:
% по первой части - 8 штук (4 фазовых портрета и 4 набора графиков y1(t),2y(t));
% по второй части - 2 штуки (фазовый портрет и набор графиков y1(t),2y(t));
%           2. Должен быть дан комментарий, содержательно поясняющий отличие харак-
% теристик (случаи 1,3,4) от "идеальной" характеристики (случай 2) для системы уп-
% равления оптимальной по быстродействию.
%

```

При выполнении первой части лабораторной работы №4, используется функциональный файл - lb_41.m, содержание которого следующее:

Листинг функционального файла lb_41.m

```

function yprime = lb_41(t,y,yy);
global d1
global d2
global d3
global um
s(1)=(y(1)-d3)+(1/(2*d1*um))*y(2)*abs(y(2));
u(1)= - um*sign(s(1));
yprime=[y(2); d2*u(1)];

```

9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРАКТИКЕ ВЫПУСКНИКОВ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Программный продукт – математический пакет MatLab.

Еремин Е.Л. Динамические модели и S-моделирование систем. Благовещенск: Изд-во Амурского гос. ун-та, 2003. 337 с.

Учебное пособие посвящено теоретическим и прикладным вопросам математического и компьютерного моделирования. Рассмотрены классические и современные (в пространстве состояний) модели динамических систем. Представлена характеристика математического пакета MATLAB и описание основных блоков среды визуального моделирования SIMULINK. Примеры S-моделирования систем рассмотрены в рамках вычислительного эксперимента при исследовании динамики гибридных систем прямого адаптивного управления.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРЕПОДАВАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В качестве методических указаний по про применению современных информационных технологий для преподавания ТОАУ используется третья глава монография – *Еремин Е.Л.* Динамические модели и S-моделирование систем. Благовещенск: Изд-во Амурского гос. ун-та, 2003. 337 с., содержание которой следующее:

ГЛАВА 3. МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ПАКЕТ MATLAB	
3.1. Характеристика пакета	
3.1.1. Файловая система	
3.1.2. Запуск и командный режим работы	
3.1.3. Типы данных	
3.2. Приемы работы с пакетом	
3.2.1. Работа с векторами и матрицами	
3.2.2. Рабочий сеанс	
3.2.3. Справочная система	
3.2.4. Интерфейс пользователя	
3.2.5. Главное меню	
3.2.6. Редактор/отладчик m-файлов	
3.2.7. Графические средства	
3.3. Решение систем обыкновенных дифференциальных уравнений ..	
3.3.1. Решатель ОДУ	
3.3.2. Примеры решения систем ОДУ	
3.4. Построение частотных характеристик	
3.4.1. Использование инструмента LTI Viewer	
3.4.2. Настройка LTI Viewer	

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ МЕЖСЕССИОННОГО И ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ

1. Межсессионная аттестация студентов проводится дважды в семестр на 7 и 13 неделях 6- и 7-го семестров.
2. Аттестационная оценка складывается из оценок, полученных на аттестационных занятиях по лабораторным работам, собеседованиях и при защите курсовой работы:
 - Первое аттестационное занятие.** Проверка знаний и навыков студентов по анализу и синтезу непрерывных и дискретных систем автоматического управления.
 - Второе аттестационное занятие.** Проверка знаний и навыков студентов по анализу и оптимальных систем управления.
 - Первое собеседование.** Классические модели динамических систем;
 - Второе собеседование.** Математические модели систем управления в пространстве состояний.
 - Защита курсовой работы.** Адаптивное управление динамическими объектами в схемах с явной эталонной моделью и при использовании систем идентификации с настраиваемой моделью.
3. Организация аттестации студентов, проводится в соответствии с положением АмГУ о курсовых экзаменах и зачетах^{*}

^{*} 2.1. Организация аттестации студентов в университете по специальностям и направлениям высшего профессионального образования регламентируется рабочим учебным планом, расписанием учебных занятий и программами учебных дисциплин, утверждаемыми в установленном в университете порядке.

Контроль за качеством освоения образовательных программ осуществляется путем текущей внутрисеместровой аттестации, ректорской контрольной аттестации, промежуточной аттестации студентов в форме курсовых экзаменов и зачетов и итоговой аттестации выпускников.

2.2. Курсовые экзамены и зачеты проводятся по дисциплинам утвержденного учебного плана по соответствующим специальностям и направлениям высшего профессионального образования. Знания, умения и навыки обучающегося определяются оценками "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно", "зачтено" и "незачтено".

2.3. Студенты, обучающиеся по основным программам высшего профессионального образования, сдают в течение учебного года не более 10 экзаменов и 12 зачетов. В это число не входит аттестация по физической культуре и факультативным дисциплинам.

Студенты, обучающиеся в сокращенные сроки (по индивидуальным планам), в течение учебного года сдают не более 20 экзаменов и 24 зачетов.

2.4. Сроки проведения курсовых зачетов и экзаменов (экзаменационная сессия) и начало очередного учебного семестра устанавливаются графиком учебного процесса, утвержденным проректором по учебной работе.

Расписание экзаменов составляется в соответствии с графиком учебного процесса, утверждается проректором по учебно-научной работе и доводится до сведения преподавателей и студентов не позднее, чем за две недели до начала сессии. Расписание составляется таким образом, чтобы на подготовку к экзаменам по каждой дисциплине было отведено не менее 3 дней, исключая день предыдущего экзамена. По согласованию с деканами и заведующими соответствующих кафедр отдельные экзамены (зачеты) могут проводиться в течение семестра по завершении преподавания дисциплины.

12. КОМПЛЕКТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Постановка задачи прямого адаптивного управления.

Требуется в системе (1),(6),(7),(8) обеспечить, для любых начальных условиях и при наличии априорной параметрической неопределенности, уровень которой задан соотношениями (3),(4), выполнение следующих предельных целевых условий:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} (x(t) - x_H(t)) = 0, \quad (10)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} K(t) = K_0 = const, \lim_{t \rightarrow \infty} C(t) = C_0 = const, \quad (11)$$

где K_0 и C_0 - некоторые, соответственно, число и вектор.

Постановка задачи параметрической адаптивной идентификации.

Требуется с помощью параллельной настраиваемой модели, описываемой уравнениями

$$\frac{dx_H(t)}{dt} = -N * (x(t) - x_H(t)) + A_H(t) * x(t) + B_H(t) * r(t), y_H(t) = x_H(t), \quad (18)$$

где матрица N гурвицева, в частности, пусть $N = A_M$; матрицы $A_H(t)$ и $B_H(t)$ имеют заданную структуру

$$A_H(t) = A_{Hn} + B_0 * C^T(t), B_H(t) = B_0 * K(t), \quad (19)$$

обеспечить идентификацию параметров объекта (16), причём определить значения элементов матрицы A и вектор B необходимо таким образом, чтобы выполнялись следующие целевые условия:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} (x(t) - x_H(t)) = 0, \quad (20)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} A_H(t) = \lim_{t \rightarrow \infty} (A_{Hn} + B_0 * C^T(t)) = A_{Hn} + B_0 * C_0^T = A, \quad (21)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} B_H(t) = \lim_{t \rightarrow \infty} B_0 * K(t) = B_0 * K_0 = const = B. \quad (22)$$

Конкретные числовые значения или исходные данные, которые необходимы для решения поставленных задач синтеза систем управления для объектов (1) и (16), заданы с помощью табл. 1.

Таблица 1

Обозначение параметров	НОМЕР ВАРИАНТА									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\min a_1$	-4	-3	-2	-6	-5	-7	-4	-5	-1	-2
$\max a_1$	5	3	4	1	2	0	3	2	6	8
$\min a_2$	-9	-8	-5	-4	-7	-6	-5	-4	-3	-4
$\max a_2$	-1	-4	-1	-2	-3	-1	-3	-1	0	-2
$\min a_3$	-6	-7	-8	-5	-6	-7	-4	-5	-6	-7
$\max a_3$	-2	-1	-2	-1	-3	-2	-1	-3	-2	-2
$\min b_1$	0.5	0.6	0.5	0.7	0.8	0.5	0.6	0.7	0.5	0.6
$\max b_1$	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
$\min f_0$	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1
$\max f_0$	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5
$\min f_2$	10	12	14	16	10	12	14	16	12	14
$\max f_2$	20	24	26	28	20	24	26	28	24	22
a_{1M}	-6.5	7.3	-6.2	-6.7	-5.8	-7.2	-4.6	-5.5	-7.1	-5.5
a_{2M}	-11	-12	-11	-12	-10	-11	-12	-10	-12	-10
a_{3M}	-6	-6	-7	-6	-6	-5	-6	-6	-7	-5
b_{1M}	3	4	2	3	3	4	3	2	3	4
Q_0	0.8	0.7	0.6	0.7	0.8	0.6	0.8	0.7	0.6	0.7
Q_1	0.3	0.4	0.3	0.2	0.4	0.2	0.3	0.4	0.3	0.2
Q_2	4	5	3	5	4	3	4	5	3	5
R_0	6	5	4	6	4	5	6	5	4	6
R_1	2	3	4	3	2	4	2	3	2	4

Продолжение табл. 1

Обозначение параметров	НОМЕР ВАРИАНТА									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$\min a_1$	-4	-6	-5	-3	-2	-5	-1	-2	-7	-5
$\max a_1$	6	2	2	3	4	2	6	8	1	3
$\min a_2$	-8	-4	-8	-8	-5	-4	-3	-3	-6	-5
$\max a_2$	-2	-2	-3	-5	-1	-1	-1	-2	-1	-3
$\min a_3$	-5	-5	-6	-7	-7	-6	-6	-7	-7	-4
$\max a_3$	-1	-1	-3	-1	-3	-2	-2	-2	-2	-1
$\min b_1$	0.3	0.7	0.8	0.7	0.5	0.7	0.4	0.6	0.5	0.6
$\max b_1$	3	3	4	3	2	3	2	4	3	2
$\min f_0$	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	-2	0.1	0.2	0.2
$\max f_0$	0.7	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.7
$\min f_2$	12	16	10	12	14	16	12	14	12	14
$\max f_2$	23	28	20	24	26	28	24	22	24	26
a_{1M}	-5.6	-6.7	-5.6	-5.6	-5.5	-6.7	-3.8	-4.8	-6.7	-4.8
a_{2M}	-11	-12	-11	-12	-10	-11	-12	-10	-12	-10
a_{3M}	-6	-6	-7	-6	-6	-5	-6	-6	-7	-5
e_{1M}	2	3	4	2	3	4	2	3	4	3
Q_0	0.6	0.8	0.7	0.6	0.7	0.8	0.7	0.6	0.7	0.8
Q_1	0.2	0.3	0.4	0.3	0.2	0.3	0.4	0.3	0.2	0.4
Q_2	3	4	5	3	5	4	5	3	5	4
R_0	5	6	5	4	6	6	5	4	6	4
R_1	4	2	3	2	4	2	3	4	3	2

Продолжение табл. 1

Обозначение параметров	НОМЕР ВАРИАНТА									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$\min a_1$	-7	-4	-5	-1	-2	-4	-3	-2	-6	-5
$\max a_1$	0	3	2	6	8	5	3	4	1	2
$\min a_2$	-6	-5	-4	-3	-4	-9	-8	-5	-4	-7
$\max a_2$	-1	-3	-1	0	-2	-1	-4	-1	-2	-3
$\min a_3$	-7	-4	-5	-6	-7	-6	-7	-8	-5	-6
$\max a_3$	-2	-1	-3	-2	-2	-2	-1	-2	-1	-3
$\min b_1$	0.5	0.6	0.7	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.7	0.8
$\max b_1$	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2
$\min f_0$	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2
$\max f_0$	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6
$\min f_2$	12	14	16	12	14	10	12	14	16	10
$\max f_2$	24	26	28	24	22	20	24	26	28	20
a_{1M}	-7	-4	-5	-7	-5	-6	-7	-6	-6	-5
a_{2M}	-10.2	-11.2	-9.8	-11.2	-10.2	-10.8	-11.7	-10.5	-11.6	-10.5
a_{3M}	-5	-6	-6	-7	-5	-6	-6	-7	-6	-6
e_{1M}	4	3	2	3	4	3	4	2	3	3
Q_0	0.8	0.7	0.6	0.7	0.8	0.6	0.8	0.7	0.6	0.7
Q_1	0.3	0.4	0.3	0.2	0.4	0.2	0.3	0.4	0.3	0.2
Q_2	4	5	3	5	4	3	4	5	3	5
R_0	6	5	4	6	4	5	6	5	4	6
R_1	2	3	4	3	2	4	2	3	2	4

Продолжение табл. 1

Обозначение параметров	НОМЕР ВАРИАНТА										
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
$\min a_1$	-5	-1	-2	-7	-5	-4	-6	-5	-3	-2	
$\max a_1$	2	6	8	1	3	6	2	2	3	4	
$\min a_2$	-4	-3	-3	-6	-5	-8	-4	-8	-8	-5	
$\max a_2$	-1	-1	-2	-1	-3	-2	-2	-3	-5	-1	
$\min a_3$	-6	-6	-7	-7	-4	-5	-5	-6	-7	-7	
$\max a_3$	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-3	-1	-3	
$\min b_1$	0.7	0.4	0.6	0.5	0.6	0.3	0.7	0.8	0.7	0.5	
$\max b_1$	3	2	4	3	2	3	3	4	3	2	
$\min f_0$	0.1	-2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	
$\max f_0$	0.5	0.6	0.5	0.5	0.7	0.7	0.5	0.6	0.5	0.6	
$\min f_2$	16	12	14	12	14	12	16	10	12	14	
$\max f_2$	28	24	22	24	26	23	28	20	24	26	
a_{1M}	-7	-4	-5	-7	-5	-6	-7	-6	-6	-5	
a_{2M}	-11	-12	-10	-12	-10	-11	-12	-11	-12	-10	
a_{3M}	-5.3	-6.4	-6.5	-7.1	-5.2	-6.4	-6.3	-7.2	-6.4	-6.2	
e_{1M}	4	2	3	4	3	2	3	4	2	3	
Q_0	0.6	0.8	0.7	0.6	0.7	0.8	0.7	0.6	0.7	0.8	
Q_1	0.2	0.3	0.4	0.3	0.2	0.3	0.4	0.3	0.2	0.4	
Q_2	3	4	5	3	5	4	5	3	5	4	
R_0	5	6	5	4	6	6	5	4	6	4	
R_1	4	2	3	2	4	2	3	4	3	2	

Продолжение табл. 1

Обозначение параметров	НОМЕР ВАРИАНТА										
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
$\min a_1$	-7	-4	-5	-1	-2	-6	-4	-5	-3	-2	
$\max a_1$	0	3	2	6	8	1	3	2	3	4	
$\min a_2$	-6	-5	-4	-3	-4	-6	-5	-4	-8	-5	
$\max a_2$	-1	-3	-1	0	-2	-1	-3	-1	-5	-1	
$\min a_3$	-7	-4	-5	-6	-7	-7	-4	-5	-7	-7	
$\max a_3$	-2	-1	-3	-2	-2	-2	-1	-3	-1	-3	
$\min b_1$	0.5	0.6	0.7	0.5	0.6	0.5	0.6	0.7	0.7	0.5	
$\max b_1$	3	2	3	2	3	3	2	3	3	2	
$\min f_0$	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	
$\max f_0$	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	
$\min f_2$	12	14	16	12	14	12	14	16	12	14	
$\max f_2$	24	26	28	24	22	24	26	28	24	26	
a_{1M}	-7	-4	-5	-7	-5	-7	-4	-5	-6	-5	
a_{2M}	-11.1	-12.2	-10.3	-12.2	-10.1	-11.2	-12.1	-10.8	-12.2	-10.5	
a_{3M}	-5	-6	-6	-7	-5	-5	-6	-6	-6	-6	
e_{1M}	4	3	2	3	4	4	3	2	2	3	
Q_0	0.6	0.8	0.7	0.6	0.7	0.8	0.7	0.6	0.7	0.8	
Q_1	0.2	0.3	0.4	0.3	0.2	0.3	0.4	0.3	0.2	0.4	
Q_2	3	4	5	3	5	4	5	3	5	4	
R_0	5	6	5	4	6	6	5	4	6	4	
R_1	4	2	3	2	4	2	3	4	3	2	

Таким образом, в табл. 1 определены:

Конкретные условия априорной неопределенности из заданного класса Ξ , соответствующие соотношениям (3),(4);

Числовые значения элементов матрицы состояния A_M и вектора управления B_M эталонной модели (8) и желаемой системы (13), формулирующие требования к качеству процессов управления;

Параметры задающего воздействия $q(t)$ и сигнала идентификации $r(t)$, учитывая, что $q(t)=Q_0*[1+Q_1*\sin(t)*\exp(-Q_2*t)]$ и $r(t)=R_0*[\sin(t)-R_1*\sin(3*t)]$.

Замечание:

Для того, чтобы исключить влияние начальных условий на качество и процесс адаптации беспоисковых алгоритмов самонастройки, во всех вариантах курсовой работы начальные условия заданы нулевыми, т.е.:

$$x(0) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, x_M(0) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, C(0) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, K(0) = (0).$$

Задание:

1. Получить эквивалентные формы записи для систем (1),(6),(8) и (16),(18), позволяющие представить эти системы в виде нелинейной системы первого типа с линейной стационарной и нелинейной нестационарной частями.
2. Синтезировать для системы прямого адаптивного управления (1),(6), (7),(8) явный вид алгоритмов настройки коэффициентов адаптивного регулятора, а для системы с настраиваемой моделью (16),(18) явный вид алгоритмов идентификации элементов матрицы $A_H(t)$ и вектора $B_H(t)$, исходя из условий разрешения интегрального неравенства Попова².
3. Выбрать и задать значения элементов вектора g , из условия строгой положительности линейных стационарных частей эквивалентных систем.
4. Определить для системы управления, построение которой основано на использовании параметрической идентификации, числовые значения вектора $C_{Ж}$ и число $K_{Ж}$, т.е. задать явный вид закона управления (12).
5. При заданных начальных условиях, возмущающем воздействии и соответствующих задающих сигналах и сигналах идентификации, а также при произвольно выбранных параметрах объекта (в системе идентификации матрицу A выбрать гурвицевой), но с учетом заданного уровня априорной неопределенности, промоделировать:
 - * систему прямого адаптивного управления;
 - * систему параметрической идентификации;
 - * желаемую систему управления, учитывая результаты идентификации.
 В процессе моделирования выбрать и задать значения всех произвольно выбираемых коэффициентов контура адаптации, а также, если потребуется, то и уточнить числовые значения элементов вектора g .
6. Получить, построить и представить графики характеристик:
 - * для системы прямого адаптивного управления $x_1(t), x_2(t), x_3(t), x_{1M}(t), x_{2M}(t), x_{3M}(t), C_1(t), C_2(t), C_3(t), K(t)$;
 - * для системы параметрической идентификации $x_1(t), x_2(t), x_3(t), x_{1H}(t), x_{2H}(t), x_{3H}(t), C_1(t), C_2(t), C_3(t), K(t)$;
 - * для желаемой системы управления $x_1(t), x_2(t), x_3(t), x_{1M}(t), x_{2M}(t), x_{3M}(t)$.

² Теоретические сведения см. приложение (П.2) данного пособия, а также разделы 3 и 4 в учебнике: Ерёмин Е.Л. Теоретические основы автоматизированного управления. Серия: Курс лекций АмГУ, Выпуск №1. Благовещенск.: Изд-во АмГУ, 1998. - 230 с.

7. Проанализировать полученные временные характеристики и сформулировать выводы по курсовой работе с обязательной оценкой особенностей функционирования построенных систем управления.
8. Подготовить и сдать на проверку пояснительную записку (объем не более 15 машинописных страниц, без учета графиков и рисунков).
9. Содержание пояснительной записки должно в себя включать:
 - * задание и исходные данные варианта курсовой работы;
 - * подробное описание: этапов решения задач синтеза; целей и результатов имитационного моделирования; структурных схем синтезированных систем, а также характеристику графиков временных характеристик, отражающих качество работы систем управления;
 - * выводы по курсовой работе.
10. Моделирование систем адаптивного управления и идентификации провести для следующих 2-х случаев:
 - * параметры объектов в указанных системах должны отличаться;параметры объектов в указанных системах должны совпадать (матрица A должна быть гурвицевой).

13. ФОНД ТЕСТОВЫХ И КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЗНАНИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ТЕСТ 1

1. Необходимым и достаточным условием устойчивости линейных непрерывных систем является:

- а) положительность коэффициентов характеристического уравнения
- б) положительность коэффициентов характеристического уравнения и выполнимость критерия устойчивости Гурвица
- в) если хотя бы один из корней характеристического уравнения имеет положительную часть
- г) вещественные части корней характеристического уравнения положительные

2. Объект описываемый уравнением : $\frac{dx}{dt} = f(x, u, t), x = \text{col}(x_1, \dots, x_N); u = \text{col}(u_1, \dots, u_M)$, называется

вполне или полностью управляемым на временном интервале [tнач, tкон], если :

- а) для любой пары точек x(tнач) и x(tкон), существует допустимое управление u(t), переводящее объект из точки x(tнач) в точку x(tкон).
- б) для любой из трёх точек x(tнач), x(tпромеж) и x(tкон) существует допустимое управление u(t), переводящее объект из точки x(tнач) в точку x(tпромеж).
- в) для любой пары точек x(tнач) и x(tкон) существует несколько управлений u(t), переводящих объект из точки x(tнач) в точку x(tкон), за разные интервалы времени.
- г) для любой пары точек x(tнач) и x(tкон) существует несколько управлений u(t), переводящих объект из точки x(tнач) в точку x(tкон), за одинаковые интервалы времени.
- д) для любой из трёх точек x(tнач), x(tпромеж) и x(tкон) существует несколько управлений u(t), переводящих объект из точки x(tнач) в точку x(tпромеж).

3. Что представляет собой критерий Калмана для линейного стационарного объекта

$$\frac{dx}{dt} = A * x + B * u, x = \text{col}(x_1, \dots, x_N), u = \text{col}(u_1, \dots, u_M) :$$

- а) линейный объект полностью управляем тогда и только тогда, когда матрица управляемости $M_{упр} = [B, AB, A^2 B, \dots, A^{N-1} B]$ отвечает требованию $\text{rank}(M_{упр})=N$;
- б) линейный объект полностью управляем тогда и только тогда, когда матрица управляемости $M_{упр} = [B, AB, A^2 B, \dots, A^{N-1} B]$ отвечает требованию $\text{rank}(M_{упр})=N-1$;
- в) линейный объект полностью управляем тогда и только тогда, когда матрица управляемости $M_{упр} = [B, AB, A^2 B, \dots, A^{N+1} B]$ отвечает требованию $\text{rank}(M_{упр})=1$;
- г) линейный объект полностью управляем тогда и только тогда, когда матрица управляемости $M_{упр} = [B, AB, A^2 B, \dots, A^N B]$ отвечает требованию $\text{rank}(M_{упр})=N$;

4. Следствием критерия Калмана является, что свойство управляемости объекта определяется матрицами :

- а) (A,X) б) (B,U) в) (X,U) г) (A,U) д) (A,B)

5. Если объект полностью управляем, то область управляемости :

- а) совпадает со всем пространством состояния
- б) превышает границы пространства состояния
- в) частично совпадает с пространством состояния
- г) не пересекает область пространства состояния
- д) ограничена

6. Объект $\frac{dx_*}{dt} = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} \\ 0 & A_{22} \end{pmatrix} * x_* + \begin{pmatrix} B1 \\ 0 \end{pmatrix} * u, x_* = \begin{pmatrix} X_{упр} \\ X_{ннеуп} \end{pmatrix}$; стабилизируем тогда и только тогда, когда

матрица A_{22} – гурвицева, т.е. собственные числа этой матрицы имеют:

- а) отрицательные вещественные части
- б) положительные вещественные части
- в) отрицательные мнимые части
- г) положительные мнимые части

д) нулевые значения

$$\frac{dx}{dt} = Ax + Bu, x = \text{col}(x_1, \dots, x_N)$$

7. Объект полностью наблюдаем тогда и только тогда, когда матрица

$$y = C^T x + Du, y = \text{col}(y_1, \dots, y_L)$$

наблюдаемости $M_{НАБЛ} = [C, A^T C, (A^T)^2 C, \dots, (A^T)^{N-1} C]$ отвечает требованию :

- а) $\text{rank}(M_{НАБЛ})=N$; б) $\text{rank}(M_{НАБЛ})=N-1$; в) $\text{rank}(M_{НАБЛ})=N-2$; г) $\text{rank}(M_{НАБЛ})=N+1$;
 д) $\text{rank}(M_{НАБЛ}) = N+2$;

8. Определение : «для оптимальной допустимой пары $(u_{\text{опт}}(t), x_{\text{опт}}(t))$, необходимо, чтобы при любом $t_* \in [t_{НАЧАЛ}, t_{КОНЕЦ}]$ управление $u(t)$, формируемое в момент времени $t \in [t_*, t_{КОНЕЦ}]$, было бы оптимальным относительно состояния $x_{\text{опт}}(t_*) = x(t_*)$, т.е. состояния в котором объект оказался под воздействием управления $u_{\text{опт}}(t)$, сформированного в момент времени t на предыдущем интервале $[t_{нач}, t_*]$ » формулирует :

- а) обратный принцип оптимальности
 б) прямой принцип оптимальности
 в) основную идею методологического программирования
 г) критерий обнаруживаемости
 д) критерий наблюдаемости

9. Как формулируется критерий гиперустойчивости:

- а) присоединённая система называется гиперустойчивой если найдутся такие положительные константы d_0, d_1, h_0, h_1 , что любое решение системы будет удовлетворять соотношению:
 $\|e(t)\| < d_0 + d_1 * \|e(0)\|, t > 0$; а также будет удовлетворять интегральному неравенству Попова
 б) присоединённая система называется гиперустойчивой если найдутся такие положительные константы d_0, d_1, h_0, h_1 , что любое решение системы будет удовлетворять соотношению:
 $\|e(t)\| < d_0 - d_1 * \|e(0)\|, t > 0$; а также будет удовлетворять интегральному неравенству Попова
 в) присоединённая система называется гиперустойчивой если найдутся такие положительные константы d_0, d_1, h_0, h_1 , что любое решение системы будет удовлетворять соотношению:
 $\|e(t)\| > d_0 + d_1 * \|e(0)\|, t > 0$; а также будет удовлетворять интегральному неравенству Попова
 г) присоединённая система называется гиперустойчивой если найдутся такие положительные константы d_0, d_1, h_0, h_1 , что любое решение системы будет удовлетворять соотношению:
 $\|e(t)\| > d_0 - d_1 * \|e(0)\|, t > 0$; а также будет удовлетворять интегральному неравенству Попова
 д) присоединённая система называется гиперустойчивой если найдутся такие положительные константы d_0, d_1, h_0, h_1 , что любое решение системы будет удовлетворять соотношению:
 $\|e(t)\| > d_0 * d_1 * \|e(0)\|, t > 0$; а также будет удовлетворять интегральному неравенству Попова

10. Что такое передаточная функция

- а) отношение выходного сигнала ко входному сигналу в форме преобразования Лапласа при нулевых начальных условиях
 б) отношение входного сигнала к выходному
 в) отношение рассогласования ко входному сигналу
 г) отношение выходного сигнала к величине рассогласования
 д) отношение входного сигнала к величине рассогласования

11. Интегральное неравенство Попова имеет вид :

а) $h(0, t) = \int_0^t n^T(s) * z(s) ds = - \int_0^t q^T(s) * z(s) ds > -h_0 - h_1 * \sup \|e(s)\|, 0 < s < t$;

б) $h(0, t) = \int_0^t n^T(s) * z(s) ds = - \int_0^t q^T(s) * z(s) ds > -h_0 + h_1 * \sup \|e(s)\|, s > 0$;

в) $h(0, t) = - \int_0^t n^T(s) * z(s) ds = - \int_0^t q^T(s) * z(s) ds > h_0 + h_1 * \sup \|e(s)\|, 0 < s < t$;

р) $h(0, t) = \int_{-\infty}^{+\infty} n^T(s) * z(s) ds = - \int_{-\infty}^{\infty} q^T(s) * z(s) ds > -h_0 - h_1 * \sup \| e(s) \|, 0 < s < t;$
 д) $h(0, t) = \int_{-\infty}^{\infty} n^T(s) * z(s) ds = - \int_{-\infty}^{\infty} q^T(s) * z(s) ds > -h_0 + h_1 * \sup \| e(s) \|, 0 < s < t;$

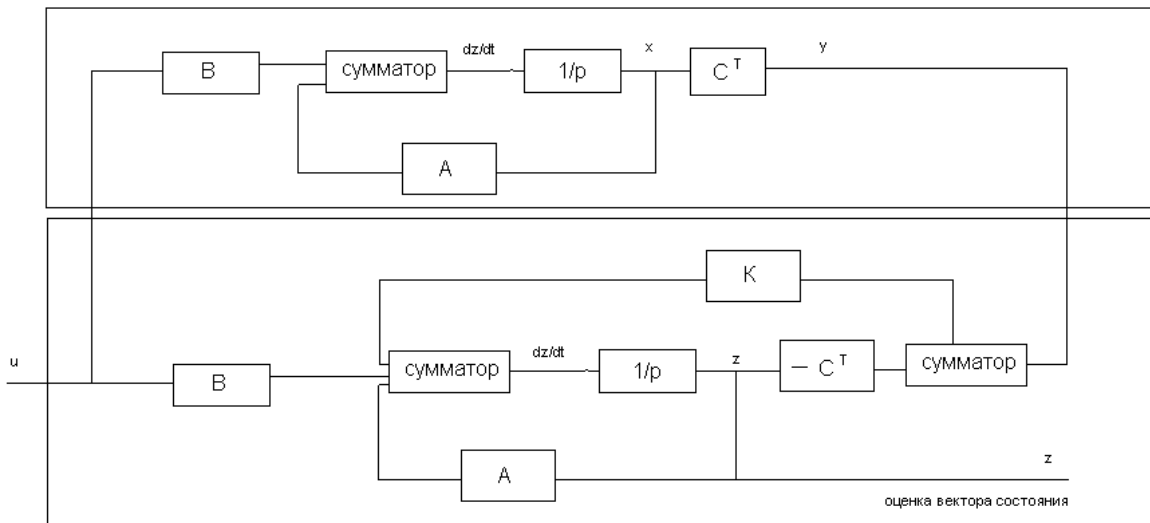
12. Каким способом можно записать переходной процесс через передаточную функцию?

- а) $h(t) = L^{-1}(W(p)/p)$; б) $h(t) = L(W(p)/p)$; в) $h(t) = L^{-1}(W(p))$; г) $h(t) = L(W(p))$;
 д) $h(t) = L(W(p)/p^2)$;

13. Каким способом можно выразить импульсно переходную функцию через передаточную функцию?

- а) $\dot{\omega}(t) = L^{-1}(W(p)/p)$; б) $\dot{\omega}(t) = L(W(p)/p)$; в) $\dot{\omega}(t) = L^{-1}(W(p))$; г) $\dot{\omega}(t) = L(W(p))$;
 д) $\dot{\omega}(t) = L(W(p)/p^2)$

14. Представлена схема фильтра (наблюдателя Люэнберга):



какое из дифференциальных уравнений наблюдателя полного порядка соответствует данной схеме:

- а) $\frac{dz}{dt} = Az + K(y - C^T z) + Bu; z = col(z_1, \dots, z_N);$
 б) $\frac{dz}{dt} = Az + (y + C^T z) + Bu; z = col(z_1, \dots, z_N);$
 в) $\frac{dz}{dt} = Az + (Ky - C^T z) + Bu; z = col(z_1, \dots, z_N);$
 г) $\frac{dz}{dt} = Az - K(y - C^T z) + Bu; z = col(z_1, \dots, z_N);$
 д) $\frac{dz}{dt} = Az + (y - C^T z) + Bu; z = col(z_1, \dots, z_N);$

15. Функция Беллмана имеет вид:

- а) $S(x(t_*), t_*) = \min_{u(t), t_* \leq t \leq t_K} \{G_0[x(t_K), t_K] + \int_{t_*}^{t_K} F_0(x, u, t) dt\};$
 б) $S(x(t_*), t_*) = \max_{u(t), t_* \leq t \leq t_K} \{G_0[x(t_K), t_K] + \int_{t_*}^{t_K} F_0(x, u, t) dt\};$

$$в) S(x(t_*) , t_*) = \min_{u(t) , t_0 \leq t \leq t_K} \{ G_0[x(t_K), t_K] - \int_{t_0}^{t_K} F_0(x, u, t) dt; \}$$

$$г) S(x(t_*) , t_*) = \max_{u(t) , t_0 \leq t \leq t_K} \{ G_0[x(t_K), t_K] - \int_{t_0}^{t_K} F_0(x, u, t) dt; \}$$

$$д) S(x(t_*) , t_*) = \min_{u(t) , t_0 \leq t \leq t_K} \{ F_0[x(t_K), t_K] + \int_{t_0}^{t_K} G_0(x, u, t) dt; \}$$

16. Алгебраическое уравнение Риккати имеет вид:

- а) $Q-K^*B^*R^{-1}*B^T*K+K^*A+A^T*K=0$; б) $Q-K^*B^T*R^{-1}*B^*K+K^*A^T+A^*K=0$; в) $Q-K^*B^*R^{-1}*B^*K+K^*A+A^*K=0$;
 г) $Q-K^*B^*R^{-1}*B^T*K+K^*A+A^T*K=1$; д) $Q-K^*B^*R^{-1}*B^T*K+K^*A+A^T*K=-1$;

17. Каким свойством должно обладать возмущение (чтобы обеспечивалась цель управления $\lim_{x_M(t)} x(t)=0$; при постановке задачи синтеза АСЯЭМ:

а) $\int_0^{\infty} \| f_V(t) \|^2 < \infty$; б) $\int_0^{\infty} \| f_V(t) \| < \infty$; в) $\int_0^{\infty} \| f_V(t) \|^2 > 0$; г) $\int_{-\infty}^0 \| f_V(t) \|^2 < \infty$; д) $\int_{-\infty}^{\infty} \| f_V(t) \|^2 > 0$;

18. Присоединённая система называется асимптотически гиперустойчивой, если она гиперустойчива, а также выполняется соотношение:

а) $\lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = 0$; б) $\lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = 1$; в) $\lim_{t \rightarrow -\infty} e(t) = 0$; г) $\lim_{t \rightarrow -\infty} e(t) = 1$; д) $\lim_{t \rightarrow -\infty} e(t) = -1$;

19. С целью расширения семейства адаптивных алгоритмов, настраиваемые коэффициенты $c(t)$ и $k(t)$ могут быть заданы как суммы составляющих:

- а) интегральной и пропорциональной
 б) интегральной пропорциональной и дифференциальной
 в) пропорциональной и дифференциальной
 г) пропорциональной
 д) интегральной

20. Каким свойством должно обладать возмущение (чтобы обеспечивалась цель управления $\lim_{t \rightarrow \infty} [x_M(t) - x(t)] \leq x_0 = const$ при постановке задачи синтеза АСЯЭМ:

- а) $\| f_V(t) \| < f_0 = const$;
 б) $\| f_V(t) \| > f_0 = const$;
 в) $\| f_V(t) \| = f_0 = const$;
 г) $\| f_V(t) \| < 1$;
 д) $\| f_V(t) \| > 1$;

ТЕСТ 2

1. Что такое передаточная функция

- а) отношение выходного сигнала ко входному сигналу в форме преобразования Лапласа при нулевых начальных условиях
 б) отношение входного сигнала к выходному
 в) отношение рассогласования ко входному сигналу
 г) отношение выходного сигнала к величине рассогласования
 д) отношение входного сигнала к величине рассогласования

2. При последовательном включении передаточных функций, передаточные функции:

- а) складываются
 б) перемножаются
 в) вычитаются
 г) представляют собой отношение: в числителе первая передаточная функция в знаменателе вторая
 д) представляют собой отношение: в числителе вторая передаточная функция в знаменателе первая

3. Что представляет собой критерий Калмана для линейного стационарного объекта

$$\frac{dx}{dt} = A * x + B * u, x = col(x_1, \dots, x_N), u = col(u_1, \dots, u_M) :$$

- а) линейный объект полностью управляем тогда и только тогда, когда матрица управляемости $M_{упр} = [B, AB, A^2 B, \dots, A^{N-1} B]$ отвечает требованию $\text{rank}(M_{упр})=N$;
 б) линейный объект полностью управляем тогда и только тогда, когда матрица управляемости $M_{упр} = [B, AB, A^2 B, \dots, A^{N-1} B]$ отвечает требованию $\text{rank}(M_{упр})=N-1$;
 в) линейный объект полностью управляем тогда и только тогда, когда матрица управляемости $M_{упр} = [B, AB, A^2 B, \dots, A^{N+1} B]$ отвечает требованию $\text{rank}(M_{упр})=1$;
 г) линейный объект полностью управляем тогда и только тогда, когда матрица управляемости $M_{упр} = [B, AB, A^2 B, \dots, A^N B]$ отвечает требованию $\text{rank}(M_{упр})=N$;

4. Следствием критерия Калмана является, что свойство управляемости объекта определяется матрицами :

- а) (A,X) б) (B,U) в) (X,U) г) (A,U) д) (A,B)

5. Как формулируется критерий гиперустойчивости:

- а) присоединённая система называется гиперустойчивой если найдутся такие положительные константы d_0, d_1, h_0, h_1 , что любое решение системы будет удовлетворять соотношению:
 $\| e(t) \| < d_0 + d_1 * \| e(0) \|, t > 0$; а также будет удовлетворять интегральному неравенству Попова
 б) присоединённая система называется гиперустойчивой если найдутся такие положительные константы d_0, d_1, h_0, h_1 , что любое решение системы будет удовлетворять соотношению:
 $\| e(t) \| < d_0 - d_1 * \| e(0) \|, t > 0$; а также будет удовлетворять интегральному неравенству Попова
 в) присоединённая система называется гиперустойчивой если найдутся такие положительные константы d_0, d_1, h_0, h_1 , что любое решение системы будет удовлетворять соотношению:
 $\| e(t) \| > d_0 + d_1 * \| e(0) \|, t > 0$; а также будет удовлетворять интегральному неравенству Попова
 г) присоединённая система называется гиперустойчивой если найдутся такие положительные константы d_0, d_1, h_0, h_1 , что любое решение системы будет удовлетворять соотношению:
 $\| e(t) \| > d_0 - d_1 * \| e(0) \|, t > 0$; а также будет удовлетворять интегральному неравенству Попова
 д) присоединённая система называется гиперустойчивой если найдутся такие положительные константы d_0, d_1, h_0, h_1 , что любое решение системы будет удовлетворять соотношению:
 $\| e(t) \| > d_0 * d_1 * \| e(0) \|, t > 0$; а также будет удовлетворять интегральному неравенству Попова

6. Способность некоторых регуляторов не реагировать на возмущения малой амплитуды означает:

- а) помехозащищённость
 б) устойчивость
 в) быстродействие
 г) качество
 д) инерционность

7. Объект $\frac{dx}{dt} = Ax + Bu, x = col(x_1, \dots, x_N)$ полностью наблюдаем тогда и только тогда, когда матрица $y = C^T x + Du, y = col(y_1, \dots, y_L)$

наблюдаемости $M_{НАБЛ} = [C, A^T C, (A^T)^2 C, \dots, (A^T)^{N-1} C]$ отвечает требованию :

- а) $\text{rank}(M_{НАБЛ})=N$; б) $\text{rank}(M_{НАБЛ})=N-1$; в) $\text{rank}(M_{НАБЛ})=N-2$; г) $\text{rank}(M_{НАБЛ})=N+1$;
 д) $\text{rank}(M_{НАБЛ}) = N+2$;

8. Объект $\frac{dx_*}{dt} = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} \\ 0 & A_{22} \end{pmatrix} * x_* + \begin{pmatrix} B_1 \\ 0 \end{pmatrix} * u, x_* = \begin{pmatrix} X_{упр} \\ X_{ннеуп} \end{pmatrix}$; стабилизируем тогда и только тогда, когда

матрица A_{22} – гурвицева, т.е. собственные числа этой матрицы имеют:

- а) отрицательные вещественные части
 б) положительные вещественные части
 в) отрицательные мнимые части
 г) положительные мнимые части

д) нулевые значения

9. Объект описываемый уравнением : $\frac{dx}{dt} = f(x, u, t), x = \text{col}(x_1, \dots, x_N); u = \text{col}(u_1, \dots, u_M)$, называется

вполне или полностью управляемым на временном интервале [tнач, tкон], если :

- а) для любой пары точек x(tнач) и x(tкон), существует допустимое управление u(t), переводящее объект из точки x(tнач) в точку x(tкон).
- б) для любой из трёх точек x(tнач), x(tпромеж) и x(tкон) существует допустимое управление u(t), переводящее объект из точки x(tнач) в точку x(tпромеж).
- в) для любой пары точек x(tнач) и x(tкон) существует несколько управлений u(t), переводящих объект из точки x(tнач) в точку x(tкон), за разные интервалы времени.
- г) для любой пары точек x(tнач) и x(tкон) существует несколько управлений u(t), переводящих объект из точки x(tнач) в точку x(tкон), за одинаковые интервалы времени.
- д) для любой из трёх точек x(tнач), x(tпромеж) и x(tкон) существует несколько управлений u(t), переводящих объект из точки x(tнач) в точку x(tпромеж).

10. Какую систему управления принято называть нелинейной системой первого типа:

- а) система хотя бы с одним существенно нелинейным элементом
- б) система в которой все элементы существенно нелинейные
- в) система в которой нет ни одного нелинейного элемента
- г) система с двумя нелинейными элементами
- д) система с тремя нелинейными элементами

11. С целью расширения семейства адаптивных алгоритмов, настраиваемые коэффициенты c(t) и k(t) могут быть заданы как суммы составляющих:

- а) интегральной и пропорциональной
- б) интегральной пропорциональной и дифференциальной
- в) пропорциональной и дифференциальной
- г) пропорциональной
- д) интегральной

12. Каким свойством должно обладать возмущение (чтобы обеспечивалась цель управления $\lim_{x_M(t)} x(t) = 0$; при постановке задачи синтеза АСЯЭМ:

а) $\int_0^{\infty} \|f_V(t)\|^2 < \infty$; б) $\int_0^{\infty} \|f_V(t)\| < \infty$; в) $\int_0^{\infty} \|f_V(t)\|^2 > 0$; г) $\int_{-\infty}^0 \|f_V(t)\|^2 < \infty$; д) $\int_{-\infty}^0 \|f_V(t)\|^2 > 0$;

13. Функция Беллмана имеет вид:

а) $S(x(t_*), t_*) = \min_{u(t), t_* \leq t \leq t_K} \{G_0[x(t_K), t_K] + \int_{t_*}^{t_K} F_0(x, u, t) dt\}$;

б) $S(x(t_*), t_*) = \max_{u(t), t_* \leq t \leq t_K} \{G_0[x(t_K), t_K] + \int_{t_*}^{t_K} F_0(x, u, t) dt\}$;

в) $S(x(t_*), t_*) = \min_{u(t), t_* \leq t \leq t_K} \{G_0[x(t_K), t_K] - \int_{t_*}^{t_K} F_0(x, u, t) dt\}$;

г) $S(x(t_*), t_*) = \max_{u(t), t_* \leq t \leq t_K} \{G_0[x(t_K), t_K] - \int_{t_*}^{t_K} F_0(x, u, t) dt\}$;

д) $S(x(t_*), t_*) = \min_{u(t), t_* \leq t \leq t_K} \{F_0[x(t_K), t_K] + \int_{t_*}^{t_K} G_0(x, u, t) dt\}$;

14. Каким способом можно выразить импульсно переходную функцию через передаточную функцию?

- а) $\dot{\omega}(t) = L^{-1}(W(p)/p)$; б) $\dot{\omega}(t) = L(W(p)/p)$; в) $\dot{\omega}(t) = L^{-1}(W(p))$; г) $\dot{\omega}(t) = L(W(p))$;
 д) $\dot{\omega}(t) = L(W(p)/p^2)$

15. Интегральное неравенство Попова имеет вид :

а)
$$h(0, t) = \int_0^t \mathbf{n}^T(s) * z(s) ds = - \int_0^t \mathbf{q}^T(s) * z(s) ds > -h_0 - h_1 * \sup \| e(s) \|, 0 < s < t;$$

б)
$$h(0, t) = \int_0^t \mathbf{n}^T(s) * z(s) ds = - \int_0^t \mathbf{q}^T(s) * z(s) ds > -h_0 + h_1 * \sup \| e(s) \|, s > 0;$$

в)
$$h(0, t) = - \int_0^t \mathbf{n}^T(s) * z(s) ds = - \int_0^t \mathbf{q}^T(s) * z(s) ds > h_0 + h_1 * \sup \| e(s) \|, 0 < s < t;$$

г)
$$h(0, t) = \int_{-\infty}^{+\infty} \mathbf{n}^T(s) * z(s) ds = - \int_{-\infty}^{+\infty} \mathbf{q}^T(s) * z(s) ds > -h_0 - h_1 * \sup \| e(s) \|, 0 < s < t;$$

д)
$$h(0, t) = \int_{-\infty}^{+\infty} \mathbf{n}^T(s) * z(s) ds = - \int_{-\infty}^{+\infty} \mathbf{q}^T(s) * z(s) ds > -h_0 + h_1 * \sup \| e(s) \|, 0 < s < t;$$

16. Каким способом можно записать переходной процесс через передаточную функцию?

- а) $h(t) = L^{-1}(W(p)/p)$; б) $h(t) = L(W(p)/p)$; в) $h(t) = L^{-1}(W(p))$; г) $h(t) = L(W(p))$;
 д) $h(t) = L(W(p)/p^2)$;

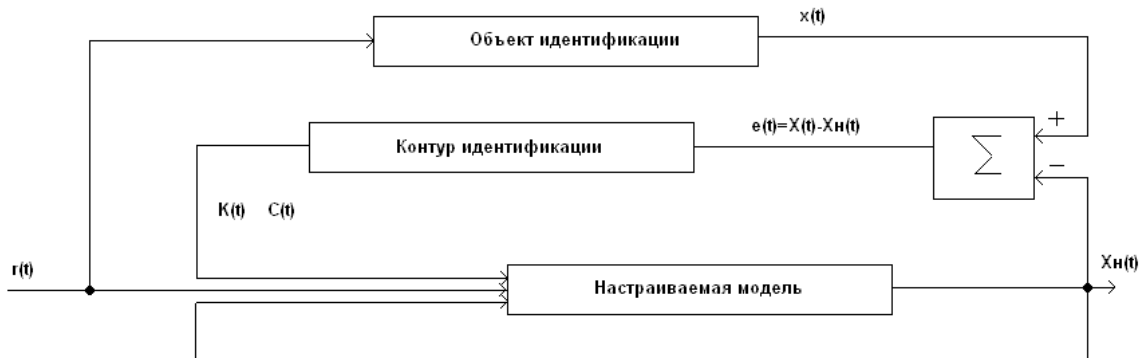
17. Алгебраическое уравнение Риккати имеет вид:

- а) $Q - K * B * R^{-1} * B^T * K + K * A + A^T * K = 0$; б) $Q - K * B * R^{-1} * B^T * K + K * A^T + A * K = 0$; в) $Q - K * B * R^{-1} * B^T * K + K * A + A * K = 0$;
 г) $Q - K * B * R^{-1} * B^T * K + K * A + A^T * K = 1$; д) $Q - K * B * R^{-1} * B^T * K + K * A + A^T * K = -1$;

18. Как рассчитать САУ для случая положительной обратной связи с корректирующим звеном в обратной связи, когда известно её математическое описание с последовательным корректирующим звеном:

- а) $W_{CAV} = W_{OY} / (1 - W_{ПКЗ} * W_{OY})$;
 б) $W_{CAV} = W_{OY} / (1 + W_{ПКЗ} * W_{OY})$;
 в) $W_{CAV} = W_{ПКЗ} / (1 - W_{ПКЗ} * W_{OY})$;
 г) $W_{CAV} = W_{ПКЗ} / (1 + W_{ПКЗ} * W_{OY})$;
 д) $W_{CAV} = W_{OY} / (1 - W_{ПКЗ} / W_{OY})$;

19. Структурная схема системы параметрической идентификации:



основана на методах:

- а) настраиваемой модели

- б) эталонной модели
- в) И-регулятора
- г) ПИ-регулятора
- д) ПИД – регулятора

20. Как рассчитать САУ для случая отрицательной обратной связи с корректирующим звеном в обратной связи, когда известно её математическое описание с последовательным корректирующим звеном:

а) $W_{САУ} = W_{ОУ} / (1 - W_{ПКЗ} * W_{ОУ})$;

б) $W_{САУ} = W_{ОУ} / (1 + W_{ПКЗ} * W_{ОУ})$;

в) $W_{САУ} = W_{ПКЗ} / (1 - W_{ПКЗ} * W_{ОУ})$;

г) $W_{САУ} = W_{ПКЗ} / (1 + W_{ПКЗ} * W_{ОУ})$;

д) $W_{САУ} = W_{ОУ} / (1 - W_{ПКЗ} / W_{ОУ})$;

14. КОМПЛЕКТ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ БИЛЕТОВ

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
«12» декабря 2005 г.
Заведующий кафедрой
Утверждаю: _____

Кафедра ИУС
Факультет МиИ
Курс IV
Дисциплина ТОАУ

Экзаменационный билет № 8

1. Структуры построения БСНС и условия структурного согласования объекта управления с эталонной моделью.
2. Классификация систем.

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
«12» декабря 2005 г.
Заведующий кафедрой
Утверждаю: _____

Кафедра ИУС
Факультет МиИ
Курс IV
Дисциплина ТОАУ

Экзаменационный билет № 5

1. Этапы проектирования АСОИУ и состав проектной документации.
2. Системы управления оптимальные по быстродействию.

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
«__» _____ 200_ г.
Заведующий кафедрой
Утверждаю: _____

Кафедра ИУС
Факультет МиИ
Курс IV
Дисциплина ТОАУ

Экзаменационный билет № 11

1. Наблюдаемость и обнаруживаемость систем управления. Наблюдатели.
2. Программное и информационное обеспечения проектирования АСОИУ.

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
«__» _____ 200_ г.
Заведующий кафедрой
Утверждаю: _____

Кафедра ИУС
Факультет МиИ
Курс IV
Дисциплина ТОАУ

Экзаменационный билет № 4

1. Характеристика понятий системы и среды.
2. Способ расширения семейства алгоритмов самонастройки АСЭМ.

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
«__» _____ 200_ г.
Заведующий кафедрой
Утверждаю: _____

Кафедра ИУС
Факультет МиИ
Курс IV
Дисциплина ТОАУ

Экзаменационный билет № 7

1. Системный анализ сложных систем.
2. Методика применения динамического программирования. Оптимизация стационарных систем по квадратичному критерию.

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
«__» _____ 200_ г.
Заведующий кафедрой
Утверждаю: _____

Кафедра ИУС
Факультет МиИ
Курс IV
Дисциплина ТОАУ

Экзаменационный билет № 6

1. Функциональные характеристики сложных систем.
2. Динамическое программирование. Функция и уравнение Беллмана.

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры

«___» _____ 200_ г.

Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра ИУС

Факультет МиИ

Курс IV

Дисциплина ТОАУ

Экзаменационный билет № 9

1. Разработка АСЭМ по критерию гиперустойчивости.
2. Основные понятия, функции и структуры управления.

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры

«___» _____ 200_ г.

Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра ИУС

Факультет МиИ

Курс IV

Дисциплина ТОАУ

Экзаменационный билет № 1

1. Организационное, правовое, эргономическое и лингвистическое обеспечения проектирования АСОИУ.
2. Характеристика систем оптимального управления.

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
«__» _____ 200_ г.
Заведующий кафедрой
Утверждаю: _____

Кафедра ИУС
Факультет МиИ
Курс IV
Дисциплина ТОАУ

Экзаменационный билет № 3

1. Управляемость и стабилизируемость систем управления.
2. Задачи совершенствования автоматизации объектов и процессов управления.

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
«__» _____ 200_ г.
Заведующий кафедрой
Утверждаю: _____

Кафедра ИУС
Факультет МиИ
Курс IV
Дисциплина ТОАУ

Экзаменационный билет № 2

1. Роль кибернетики и информатики при проектировании АСОИУ.
2. Принципы построения адаптивных и интеллектуально-адаптивных систем управления.

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
«__» _____ 200_ г.
Заведующий кафедрой
Утверждаю: _____

Кафедра ИУС
Факультет МиИ
Курс IV
Дисциплина ТОАУ

Экзаменационный билет № 12

1. Характеристика состава и структуры ГАП.
2. Модели состояния динамических систем.

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
«__» _____ 200_ г.
Заведующий кафедрой
Утверждаю: _____

Кафедра ИУС
Факультет МиИ
Курс IV
Дисциплина ТОАУ

Экзаменационный билет № 14

1. Математические модели систем и их классификация.
2. Состав автоматизированных учрежденческих систем. Основные принципы проектирования и внедрения АСОИУ.

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
«___» _____ 200_ г.
Заведующий кафедрой
Утверждаю: _____

Кафедра ИУС
Факультет МиИ
Курс IV
Дисциплина ТОАУ

Экзаменационный билет № 10

1. Характеристика способов управления в условиях априорной неопределенности.
2. Уровни управления и автоматизация. Состав и структура АСУП.

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
«___» _____ 200_ г.
Заведующий кафедрой
Утверждаю: _____

Кафедра ИУС
Факультет МиИ
Курс IV
Дисциплина ТОАУ

Экзаменационный билет № 13

1. Основные понятия, определения и этапы проектирования информационных технологий.
2. Математическое и техническое обеспечения проектирования АСОИУ.

15. КАРТА КАДРОВОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ

Лектор – профессор, д-р техн. наук Еремин Евгений Леонидович

Руководитель лаб. работ – ассистент Доронин Алексей Николаевич