

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.15 Информационно-управляющие системы

**Направление подготовки (специальность) 27.03.04 Управление в технических системах**

**Профиль подготовки (специализация) Интеллектуальные системы обработки информации и управления**

**Квалификация выпускника бакалавр**

**Форма обучения очная**



## СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций .....	3
1.1. Лекция № 1, 2 <i>Основные понятия ИУС</i> .....	3
1.2. Лекция № 3, 4 <i>Информационные системы и процессы</i> .....	6
1.3. Лекция № 5, 6 <i>Управление организационными системами</i> .....	9
1.4. Лекция № 7, 8 <i>Категориальные понятия системного анализа автоматизированных систем</i> .....	11
1.5. Лекция № 9, 10 <i>Основные понятия об автоматизированных системах управления</i> .....	13
1.6. Лекция № 11, 12, 13 <i>Концептуальное моделирование ИУС</i> .....	16
1.7. Лекция № 14, 15, 16 <i>Автоматизированные рабочие места</i> .....	25
1.8. Лекция № 17, 18, 19 <i>Организация работ по созданию и развитию ИУС</i> .....	36
2. Методические указания по проведению практических занятий и лабораторных работ .....	45
2.1. Лабораторная работа № ЛР-1, 2, 3 <i>Основные понятия ИУС</i> .....	45
2.2. Лабораторная работа № ЛР-4, 5, 6, 7 <i>Информационные системы и процессы</i> .....	45
2.3. Лабораторная работа № ЛР-8, 9, 10 <i>Управление организационными системами</i> .....	46
2.4. Лабораторная работа № ЛР-11, 12, 13, 14 <i>Категориальные понятия системного анализа автоматизированных систем</i> .....	46
2.5. Практическое занятие № ПЗ-1, 2, 3, 4 <i>Основные понятия об автоматизированных системах управления</i> .....	47
2.6. Практическое занятие № ПЗ-5, 6, 7, 8, 9, 10 <i>Концептуальное моделирование ИУС</i> .....	47
2.7. Практическое занятие № ПЗ-11, 12, 13, 14, 15, 16 <i>Автоматизированные рабочие места</i> .....	48
2.8. Практическое занятие № ПЗ-17, 18, 19, 20, 21, 22 <i>Организация работ по созданию и развитию ИУС</i> .....	48

# 1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

## 1.1. Лекция № 1, 2 (4 часа)

Тема: «Основные понятия ИУС»

### 1.1.1. Вопросы лекции:

1. Понятия системы, информации и управления.
2. Функции, выполняемые ИУС.

### 1.1.2. Краткое содержание вопросов:

1. Понятия системы, информации и управления.

АИС может быть определена как комплекс автоматизированных информационных технологий, предназначенный для информационного обслуживания – организованного непрерывного технологического процесса подготовки и выдачи потребителям научной, управленческой и другой информации, используемой для принятия решений, в соответствии с нуждами для поддержания эффективной деятельности.

- модель объекта может отсутствовать либо отождествляться с базой данных, которая часто интерпретируется как информационная модель предметной области, структурная (для случая табличных, фактографических БД) или содержательная (для случая документальных БД). В экспертных системах в качестве модели объекта (предметной области) фигурирует база знаний (БЗ), представляющая собой процедурное развитие понятия БД (БД, по своей сущности, непроцедурный объект);
- модель объекта и БД могут отсутствовать (а соответственно и процессы хранения и поиска данных), если система осуществляет динамическое преобразование информации и формирование выходных документов без сохранения исходной, промежуточной, результирующей информации. Если преобразование данных также отсутствует, то подобный объект информационной системой не является (он не выполняет информационной деятельности), и должен быть отнесен к другим классам систем (например, канал передачи информации и т. п.);
- процессы ввода и сбора данных являются необязательными, поскольку вся необходимая и достаточная для функционирования АИС информация может уже находиться в БД и составе модели и т. д.

### 2. Функции, выполняемые ИУС.

В связи с тем, что АИС относятся к сложным системам, рассмотрим различные основания для классификации АИС

1. По отрасли применения: Отрасли применения связаны с понятием сектора информационного рынка, соответствуют в основном типам деятельности пользователей, на информационное обеспечение которых ориентирована та или иная АИС. Если использовать укрупненные категории, можно выделить в современном информационном рынке три отрасли:

1) информация (базы данных и системы предоставления информационных ресурсов пользователям), в том числе:

- деловая;
- научно-техническая и информация для специалистов;
- потребительская и развлекательная;

Классы автоматизированных ИС

2) электронные сделки (системы электронной торговли, банковские, биржевые и финансовые операции, продажа билетов и резервирование мест и пр.);

3) электронные коммуникации (электронная почта и передача данных).

2. По виду информации: Вид информации отражает структуру данных, поддерживаемую в БД АИС :

- библиографические данные;
- полнотекстовые документы;
- справочные БД (указатели);
- численные БД;
- графические БД — основную долю составляет растровая или векторная графическая информация.

3. По методу воздействия с пользователями: Методы взаимодействия с пользователями определяют две группы информационных систем:

• системы с разделением времени (СРВ), в которых каждый участник как бы пользуется собственной ЭВМ и основной задачей администраторов и разработчиков является защита данных от несанкционированного доступа и взаимная изоляция участников;

• системы обеспечения групповых решений (СОГР) или Computer Supported Cooperative Work, groupware, которые ориентированы на прямо противоположную задачу — обеспечить взаимодействие пользователей в процессе принятия решений. СОГР сочетают коммуникационную, вычислительную технологии и технологию принятия решений для облегчения формулирования и решения неструктурированных проблем группой лиц. Системы, рассматриваемые в настоящем пособии — LotusNotesи АИС электронной коммерции, — в принципе относятся к данному разряду.

4. По типу применяемых решений: Типы принимаемых решений характерны для информационных систем, используемых в экономике и управлении. Под информационными системами управления (ИСУ) принято понимать основанные на компьютерной технологии системы, предназначенные для обеспечения руководителей всей необходимой информацией. Основные подходы к классификации ИСУ базируются на двух различных аспектах классификации управленческих решений: степени неопределенности и уровнях руководства.

По степени неопределенности могут быть выделены четыре способа решений в зависимости от неопределенности целей и структуры взаимосвязи элементов организации:

- формально-логический вывод (вычисление или использование ЭС);
- коллективное обсуждение;
- использование рыночного механизма;
- интуитивное решение.

По уровням руководства выделяют: стратегические, административные, оперативные решения. Отдельный класс составляют ИСУ, предназначенные для контроля за исполнением решений.

Среди систем обеспечения управления (Management Support Systems—MSS) различают: системы информационного обеспечения (СИО), СОПР (см. ниже) и системы обеспечения руководства (СОР). СИО на основе СУБД предоставляют доступ к данным независимо от типа принимаемых решений и предметной области; СОПР обеспечивают принятие решений по специальному классу проблем; СОР предназначены для руководителя или группы управляющих.

5. По масштабу АИС: Масштаб АИС определяется уровнем организации и функционирования системы, спектром информационного обслуживания, объемом информационных массивов и потоков. Различают следующие классы АИС:

- организации или ее подразделения;
- локальные (региональные или отраслевые);
- глобальные (межотраслевые и, как правило, межрегиональные). Основным типом глобальных АИС являются онлайновые службы (хост-службы), предоставляющие доступ удаленным пользователям по телекоммуникационным сетям к некоторому множеству БД.

6. По типу организации: Тип организации, использующей АИС, также является основанием для типизации систем; соответственно могут быть выделены следующие АИС:

- различных видов производств;
- административно-управленческих организаций;
- библиотек и информационных центров (АИБС); . вузов (АИС ВУЗ);
- медицинских учреждений и пр.

7. Классификация по типу используемого программного обеспечения.

Во-первых, программные реализации БД различаются по типам БД и структурам данных, их образующих:

- табличные, текстовые, графические БД, что соответствует основным видам данных в ЭВМ;
- документальные и фактографические БД, что соответствует в принципе табличным и текстовым БД;
- реферативные и полнотекстовые, как разновидности документальных БД.

Во-вторых, для реализации документальных БД могут быть использованы по крайней мере два альтернативных средства:

- универсальные оболочки (ISIS,Irbis), относительно закрытые для расширения силами пользователей;
- специальные разработки в среде реляционных или постреляционных СУБД (системы программирования Foxpro,ORACLE,ADABAS), открытые для развития.

Ниже рассматриваются как табличные БД, так и текстовые, реализованные в рамках документальной программной оболочки – резферативные (TinLib), либо в среде реляционной базы данных – реферативные и полнотекстовые (Jurius/Foxpro).

8. По классу интерфейсов конечного пользователя: Пользовательский интерфейс должен обеспечивать выполнение следующих функций:

- получение справки о базах данных, доступных пользователю данной АИС;
- получение информации о структуре БД (структура документа/записи, типы полей – доступ к словарю БД);
- информирование пользователя о спектре значений данных в БД (доступ к частотному словарю БД);
- формулирование запроса (поискового выражения, предписания, критерия) и выполнение поиска;
- просмотр результатов поиска в различных представлениях (подсхемах) – фиксированных или произвольных;
- использование полученных результатов для их статистической или содержательной обработки и/или их встраивания в документы, над которыми работает пользователь.

Эти возможности интерфейсов могут реализовываться в рамках следующих основных классов АИС

- с языковым интерфейсом – предусматривает взаимодействие с пользователем в рамках некоторой системы команд (является ранней формой интерфейсов и в настоящее время обычно используется в профессионально ориентированных системах, рассчитанных на высококвалифицированных пользователей);
- с интерфейсом форматированного экрана (иногда называется QueryByExample – QBE – поиск по шаблону);
- с интерфейсом системы меню, где фрагменты словаря данных и частотных словарей образуют рубрики меню, отмечая которые курсором или указывающим устройством, пользователь комбинирует поисковое выражение;
- с комбинированными оконными интерфейсами, которые включают форматированный экран, меню, фрагменты командного языка, а также элементы графического пользовательского интерфейса или виджеты (кнопки, флагки, списки, полосы прокрутки, радиокнопки и др.).

9. Применяемые в контуре АИС модели являются необязательной компонентой и могут использоваться для поддержки принятия решения пользователем. В зависимости от

вида моделей выделяются специфические (интеллектуальные или интеллектуализированные) виды АИС:

- системы обеспечения принятия решений (СОПР) – системы, использующие модели объекта управления, опирающиеся на вычислительные или имитационные модели и расчетные методы (линейное программирование, теория массового обслуживания, сетевые модели и пр.). К данному классу относятся и так называемые интегральные корпоративные информационные системы (КИС), базирующихся на принципах MRP (Material Requirement Planning, или методология планирования потребности в материалах), CRP (Capacity Requirements Planning, или планирование производственных мощностей). В процессе развития появились системы MRP с замкнутым циклом, которые впоследствии получили наименование MRP-II (Manufacturing Resource Planning) ввиду идентичности аббревиатур. Эти системы были созданы для эффективного планирования всех ресурсов производственного предприятия, в том числе финансовых и кадровых. В последующем системы планирования класса MRP-II в интеграции с модулем финансового планирования FRP (Finance Requirements Planning) получили название систем бизнес-планирования ERP (Enterprise Requirements Planning), которые позволяют наиболее эффективно планировать всю коммерческую деятельность современного предприятия, в том числе финансовые затраты на проекты обновления оборудования и инвестиции в производство новой линейки изделий;
- системы автоматизированного проектирования (САПР) – в отличие от СОПР содержат в качестве процедурной или описательной модели предметной области данные и связи, характерные для проектируемого класса объектов (машины и механизмы, электронные схемы, архитектурные сооружения и пр.);
- экспертные системы – базируются на логической модели предметной области, реализованной в форме базы знаний и механизма логического вывода. В последнее время все чаще становятся средством обеспечения СОПР и САПР. Кроме того, иногда к интеллектуальным АИС относят некоторые СОГР, которые могут включать в контур обработки информации модели коллективного поведения (базирующиеся на теории игр или экономического равновесия);
- географические информационные системы (ГИС) – применяют цифровые модели местности (ЦММ) в различных разновидностях.

В последующих главах относительно подробно рассмотрены примеры некоторых АИС, охватывающих и иллюстрирующих большинство из перечисленных классов:

- АИС по законодательству (профессионально ориентированные, документальные, справочные или полнотекстовые, реализованные в универсальных оболочках или реляционных БД, использующие интерфейсы форматированного экрана или меню, функции СОПР);
- офисные АИС (универсально функциональные, интегрированные, документальные или табличные БД, поддерживают функции СОГР, интерфейсы форматированного экрана);
- системы электронной коммерции (табличные БД, универсальные интерфейсы, функции СОГР, специализированные оболочки);
- библиотечные АИС (табличные и текстовые БД, универсальные и специализированные оболочки, поддерживают тип организации, интерфейсы типа меню).

## 1.2. Лекция № 3, 4 (4 часа)

Тема: «Информационные системы и процессы»

### 1.2.1. Вопросы лекции:

1. Информационная технология как система.
2. Качество информации. Информационные процессы.

### **1.2.2. Краткое содержание вопросов:**

#### **1. Информационная технология как система.**

Информационно-управляющая система определяется как формальная система для выдачи администрации информации, необходимой для принятия решений.

ИУС должна выдавать информацию о прошлом, настоящем и предполагаемом будущем. Она должна отслеживать все относящиеся к делу события внутри организации и вне ее. Общей целью ИУС является облегчение эффективного выполнения функций планирования, контроля, производственной деятельности и процесса управления в целом. Самой важной ее задачей является выдача нужной информации нужным людям в нужное время.

Необходимо отметить, что ИУС не является единственной всеобъемлющей интегрированной системой для удовлетворения всех потребностей администрации в информации. Поскольку может возникнуть желание получить систему такого характера, нужно оговорить этот аспект, что из-за больших сложностей в реальных организациях вероятность создания ее мала. ИУС некой организации скорее состоит из ряда информационных систем, каждая из которых служит для принятия решений в некоторой конкретной области.

Нельзя упустить тот факт, что ИУС неизменно предполагает применение компьютеров. Действительно, последние достижения в области технологии обработки данных внесли огромный вклад в создание информационно-управляющих систем. Некоторые типы ИУС были бы невозможны без той скорости и точности обработки данных, которые дают компьютеры. Однако цели управления требовали и информации, и системы для ее получения задолго до изобретения компьютеров. Еженедельный отчет о продажах, изучение конъюнктуры рынка, ежедневный обзор новостей, который готовит ЦРУ для президента США, доклады инспекторов о простое машин, а также подготавливаемый с помощью ЭВМ обзор ежеквартальных продаж в основных секторах экономики, используемый высшей администрацией фирмы "Америкен Телефон энд Телеграф" - все это примеры применения ИУС.

#### **2. Качество информации. Информационные процессы.**

Компьютерная революция привела к существенным изменениям в обработке информации в организациях. Одно из исследований в области практики управления показало, что электронная обработка данных и информационно-управляющие системы - это два наиболее широко применяемые в управлении инструмента. По имеющимся оценкам, к концу 90-х годов 70% рабочих мест в США будет в какой-то мере зависеть от деятельности по обработке информации. Затраты на эту деятельность, по некоторым оценкам, составляют, по крайней мере, 70% от валового национального продукта. Существенной частью этой тенденции явится рост использования микрокомпьютеров, которые уже достаточно малы, чтобы располагаться на рабочем месте управляющего и цена которых - уже не дороже хорошей пишущей машинки.

Широкое распространение компьютеров в организациях позволит управляющим всех уровней использовать в своей деятельности большие объемы информации. Например управляющий современного супермаркета может получать ежедневную, еженедельную, ежеквартальную или годовую информацию о том, какие виды товаров продаются, по какой цене, в каких количествах, что нужно перезаказать, каковы текущие затраты и доходы, какими они могут быть в следующем году и т.д. Часть этой информации получается автоматически, когда контролер с помощью компьютеризированного кассового аппарата считывает записанную на упаковке, в виде бар-кода, информацию о товаре. До внедрения ИУС такого типа время и количество информации, необходимые для проведения подобного анализа, достигали астрономических величин.

Многие до сих пор технологически слабо оснащенные отрасли услуг и сфера каторского труда, связанные с переработкой больших массивов информации,

представляют собой сегодня благоприятную почву для применения микроэлектроники. Банки, страховые компании, торговые предприятия все шире начинают использовать ЭВМ различного типа, терминалы, автоматы для учета чеков, автоматизированные системы расчетов, электронных счетов и т.п. Открывается перспектива создания полностью автоматизированных офисов. Американская компания “Микронет” создала в Вашингтоне подобный офис, в котором полностью исключается использование бумаги в делопроизводстве.

Благодаря компьютерной технике, отдельные управляющие могут теперь принимать решения, основываясь на информации, подготавливаемой внутри их компаний. Внутрифирменные базы данных позволяют менеджеру получать сведения о его бизнесе, о рынках, конкуренции, ценах и прогнозах всего за несколько часов.

Компьютеры могут давать управляющим информацию, необходимую для контроля любого типа, которая помогает им сравнивать плановые и фактические результаты, рано обнаруживать расхождения в них и вносить корректизы для разрешения возникших проблем. Однако, как и все инструменты управления, компьютеризированные информационные системы работают так, как они спроектированы, и не могут оказаться лучше. Следовательно, на мой взгляд, необходимо рассмотреть вопросы проектирования ИУС и способы повышения их эффективности.

Не будет преувеличением сказать, что цель ИУС состоит не только в том, чтобы просто выдать и обработать некоторую информацию. ИУС должна быть ориентирована на пользователя, то есть информация, которую она обрабатывает, должна служить потребностям тех управляющих, которые ее получают.

При проектировании информационной системы нужно иметь в виду, что информационные потребности управляющих различны и зависят от их уровня в иерархии и функциональных обязанностей.

Информационно-управляющие системы и управленческая деятельность

Изучая различия в информационных потребностях управляющих, можно условно разделить виды управленческой деятельности на три категории.

1. Стратегическое планирование - процесс принятия решений относительно целей организации, изменения этих целей, использования ресурсов для достижения этих целей и относительно стратегий, обуславливающих получение, использование и размещение этих ресурсов.

2. Управленческий контроль - процесс, посредством которого управляющие обеспечивают получение ресурсов и их эффективное использование для достижения общих целей организации.

3. Оперативный контроль - процесс обеспечения эффективного и квалифицированного выполнения конкретных задач.

Эти категории деятельности примерно соответствуют обязанностям управляющих высшего, среднего и низового звена. ИУС должна давать информацию, соответствующую различным требованиям, предъявляемым к каждой из категорий.

Например, деятельность управляющих высшего звена по стратегическому планированию включает, в первую очередь, вопросы будущего взаимодействия между организацией и окружающей средой. Таким образом, управляющим высшего звена требуется информация из внешних источников. Эта информация не должна быть очень детальной и должна иметь достаточно широкие границы, чтобы были ясны тенденции. Не требуется также и очень большой точности.

Информация для управленческого контроля необходима управляющим и высшего, и среднего звена. Естественно, она должна поступать как из внутренних, так и из внешних источников. Например, руководители высшего звена нуждаются в информации о работе

основных подразделений своей компании и о деятельности конкурирующих организаций. Руководителю среднего звена требуется информация о производительности, затратах, обороте и, возможно, об изменениях в требованиях потребителя или в области технологии. Эта информация должна быть более детальной, иметь более узкие границы и быть более точной, чем та, что требуется для стратегического планирования. Она также должна поступать через более короткие промежутки времени, так как временные рамки принимаемых решений здесь меньше.

Информация для целей оперативного контроля, которая касается повседневной деятельности, должна быть очень точной, узкой и самой последней. Она должна поступать почти исключительно из внутренних источников. Например, управляющий непосредственно на производстве должен точно знать сколько часов в день работает каждый работник, каков дневной или недельный объем выпуска, а также сколько материала использовано и ушло в отходы.

Кроме того, руководителям нужна специфическая информация, относящаяся к области их конкретной профессиональной деятельности. Так, управляющему по сбыту требуется информация о торговых сделках, о вкусах потребителя, о конкурентоспособности новых товаров и т.д. Детальная информация о технических условиях на новое изделие, которая принципиально важна для управляющего производством, не является существенной для принятия решений, касающихся сбыта. Действительно, если ИУС будет регулярно выдавать такую информацию управляющему по сбыту, то это будет лишь мешать ему в работе и отнимать время.

### **1.3. Лекция № 5, 6 (4 часа)**

**Тема:** «Управление организационными системами»

#### **1.3.1. Вопросы лекции:**

1. Цели, функции и задачи управления в организационных системах.
2. Учения об управлении.

#### **1.3.2. Краткое содержание вопросов:**

1. Цели, функции и задачи управления в организационных системах.

Процесс управления реализуется системой управления путём взаимодействия её управляющей части (органа управления) с объектом управления.

Орган управления предназначен для обеспечения нормального функционирования элементов объекта управления в соответствии с выполняемыми ими функциями.

Объект управления осуществляет выполнение своих функций или действий для реализации поставленной перед ним цели, например в общем случае, выполняет операции по перевозке грузов, пассажиров.

Взаимоотношения между органами управления и управляемыми объектами строятся по законам обратной связи. Орган управления полученную и обработанную информацию от вышестоящего органа управления передаёт на объект управления. Объект управления в свою очередь информирует орган управления о состоянии дел на объекте. Полученную от объекта управления информацию орган управления анализирует и при необходимости корректирует ранее переданную информацию, сообщая об этом в вышестоящий орган управления.

Система управления железнодорожным транспортом относится к категории больших (сложных) систем управления. Она объединяет несколько взаимосвязанных подсистем (управление перевозками грузов, грузовой работой, инфраструктурой и др.), подчинённых общей цели всей системы, и характеризуется многоступенчатостью построения с распределением функций управления между её частями. Система использует как внутренние связи между её частями, так и внешние связи с другими системами.

Технология процесса управления железнодорожным транспортом осуществляется в три этапа:

- сбор, подготовка и передача информации о состоянии транспортных объектов;
- переработка полученной информации с целью выработки необходимых решений по управлению;
- выдача и доведение до исполнителей управляющих предписаний и различной распорядительной информации.

Строящиеся по законам обратной связи взаимоотношения между органом управления и управляемым объектом в рамках технологии процесса управления выглядят следующим образом: орган управления получает информацию об объекте, анализирует её, принимает решение, при необходимости формирует распорядительную информацию, передает её на объект управления. Таким образом, управление любым объектом транспорта, различаясь по своим целям, задачам и содержанию, представляет собой непрерывный процесс функционирования системы.

## 1.2. Основные понятия информационных технологий

Информационные технологии базируются на современных информационных системах организационного управления, предназначенных оказывать помощь принимающим решения специалистам и руководителям в получении ими достоверной, своевременной информации в необходимом количестве.

Информационная система представляет собой программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий выполнение следующих функций:

- надёжного хранения информации в памяти компьютера;
- выполнения специфических преобразований информации и вычислений;
- предоставления пользователям возможности доступа к ней.

Современные информационные системы оперируют большими объёмами информации и имеют достаточно сложную структуру.

Важным шагом в развитии информационных систем явился переход к использованию централизованных систем управления файлами.

Файл – именованная область внешней памяти, в которую можно записать и из которой можно считывать данные.

Пользователи видят файл как линейную последовательность записей и могут выполнять с ним ряд стандартных операций:

- создавать файл требуемого типа и размера;
- открывать ранее созданный файл;
- прочитать из файла любую запись;
- записать в файл на место текущей записи новую, добавить новую запись в конец файла.

Информация – сведения о фактах, объектах, событиях, имеющих в данном контексте определённое значение.

Данные – информация, представленная в виде, пригодном для обработки автоматическими средствами с участием человека.

Информационная технология – система приёмов, способов и методов сбора, хранения, обработки, передачи, представления и использования информации.

Информационные процессы – процессы получения, хранения, транспортировки, преобразования и представления информации.

Следовательно, информационная технология – это система приёмов, способов и методов осуществления информационного процесса определённого назначения.

## 2. Учения об управлении.

Классификация информационных систем производится по ряду признаков: назначению, структуре аппаратных средств, режиму работы, характеру обслуживания пользователей, характеру взаимодействия с пользователями.

Информационные системы по назначению делятся на информационно-управляющие, системы поддержки принятия решений, информационно-поисковые, информационно-справочные, системы обработки данных.

Информационно-управляющие системы (ИУС) предназначены для сбора и обработки информации, необходимой при управлении организацией, предприятием, отраслью.

Системы поддержки принятия решений (СППР) предназначены для накопления и анализа данных, необходимых для принятия решений в различных сферах деятельности пользователей.

Информационно-поисковые системы (ИПС) предназначены для поиска информации, содержащейся в различных базах данных, различных вычислительных системах.

Информационно-поисковые системы подразделяются на документальные с основным назначение поиска документов и фактографические с основным назначением поиска факта.

Информационно-справочные системы (ИСС) предназначены для работы в автоматизированном интерактивном режиме для обеспечения пользователей справочной информацией.

Системы обработки данных (СОД) предназначены для обработки и архивации больших объёмов данных.

Информационные системы по структуре аппаратных средств подразделяются на однопроцессорные, многопроцессорные и многомашинные системы.

Многопроцессорные и многомашинные системы создаются для повышения производительности и надёжности вычислительных комплексов.

Информационные системы по режиму работы подразделяются на однопрограммные и мультипрограммные.

Однопрограммный режим применяется тогда, когда все ресурсы вычислительной системы используются для решения одной задачи от её начала и до завершения.

Мультипрограммный режим предусматривает параллельную работу с двумя и более задачами или чередование их выполнения.

Информационные системы по характеру обслуживания пользователей подразделяются для режимов индивидуального, пакетного и коллективного пользования.

Информационные системы по характеру взаимодействия с пользователями подразделяются для работы в диалоговом и интерактивном режимах.

Диалоговый режим предназначен для взаимодействия человека с системой обработки информации, при котором человек и система обмениваются информацией в темпе, соизмеримом с темпом обработки информации человеком.

Интерактивный режим предназначен для взаимодействия человека с системой обработки информации в темпе обработки информации системой.

#### **1.4. Лекция № 7, 8 (4 часа)**

**Тема:** «Категориальные понятия системного анализа автоматизированных систем».

##### **1.4.1. Вопросы лекции:**

- 1.Показатели качества продукции.
- 2.Экономические модели и методы в управлении.

##### **1.4.2. Краткое содержание вопросов:**

- 1.Показатели качества продукции.

Для конкретных видов технологий проектирования свойственно применение определенных средств разработки ИС, которые поддерживают выполнение как отдельных проектных работ, этапов, так и их совокупностей. Поэтому перед разработчиками ИС, как

правило, стоит задача выбора средств проектирования, которые по своим характеристикам в наибольшей степени соответствуют требованиям конкретного предприятия.

Средства проектирования должны быть:

- инвариантны (инвариантность – неизменность, независимость от чего-либо) к объекту проектирования (в своем классе);
- охватывать в совокупности все этапы жизненного цикла ИС;
- технически, программно и информационно совместимыми;
- простыми в освоении и применении;
- экономически целесообразными.

Средства проектирования ИС можно разделить на два класса: без использования ЭВМ и с использованием ЭВМ.

Средства проектирования без использования ЭВМ применяются на всех стадиях и этапах. Сюда относятся различные стандарты, регламентирующие процесс проектирования систем, единая система классификации и кодирования информации, унифицированная система документации, модели описания и анализа потоков информации и т. п.

Средства проектирования с использованием ЭВМ могут применяться как на отдельных, так и на всех стадиях и этапах процесса проектирования ИС и соответственно поддерживают разработку элементов, разделов, проекта системы в целом. Средства проектирования с использованием ЭВМ делят на четыре подкласса.

## 2. Экономические модели и методы в управлении.

1. Операционные средства, которые поддерживают проектирование операций обработки информации. К данному подклассу средств относятся алгоритмические языки, библиотеки стандартных подпрограмм и классов объектов, макрогенераторы, генераторы программ типовых операций обработки данных и т. п., а также средства расширения функций операционных систем (утилиты). В данный класс включаются также такие простейшие инструментальные средства проектирования, как средства для тестирования и отладки программ, поддержки процесса документирования проекта и т. п.

Таким образом, средства данного подкласса поддерживают отдельные операции проектирования ИС и могут применяться независимо друг от друга.

2. Средства, поддерживающие проектирование отдельных компонентов. К данному подклассу относятся средства общесистемного назначения:

- системы управления базами данных (СУБД);
- методо-ориентированные пакеты прикладных программ (решение задач дискретного программирования, математической статистики и т. п.);
- табличные процессоры;
- статистические ППП;
- оболочки экспертных систем;
- графические редакторы;
- текстовые редакторы;
- интегрированные ППП (интерактивная среда с встроенными диалоговыми возможностями, позволяющая интегрировать вышеперечисленные программные средства).

Для перечисленных средств характерно их использование для разработки технологических подсистем ИС: ввода информации, организации хранения и доступа к данным, вычислений, анализа и отображения данных, принятия решений.

3. Средства, поддерживающие проектирование разделов проекта. В этом подклассе выделяют функциональные средства проектирования.

Функциональные средства направлены на разработку автоматизированных систем, реализующих функции, комплексы задач и задачи управления. Разнообразие предметных

областей порождает многообразие средств данного подкласса, ориентированных на тип организационной системы (промышленная, непромышленная сферы), уровень управления (например, предприятие, цех, отдел, участок, рабочее место), функцию управления (планирование, учет и т. п.).

К функциональным средствам проектирования систем обработки информации относятся типовые проектные решения, функциональные пакеты прикладных программ, типовые проекты.

4. Средства, поддерживающие разработку на стадиях и этапах процесса проектирования. К данному классу относятся средства автоматизации проектирования ИС (CASE-средства). Современные CASE-средства, в свою очередь, классифицируются в основном по двум признакам:

- 1) по охватываемым этапам процесса разработки ИС;
- 2) по степени интегрированности:
  - отдельные локальные средства;
  - набор не интегрированных средств, охватывающих большинство этапов разработки ИС;
  - полностью интегрированные средства, связанные общей базой проектных данных.

## **1.5. Лекция № 9, 10 (4 часа)**

**Тема:** «Основные понятия об автоматизированных системах управления».

### **1.5.1. Вопросы лекции:**

1. Общие понятия об АСУ.
2. Принципы автоматизации управления. Понятие ГПС.

### **1.5.2. Краткое содержание вопросов:**

1. Общие понятия об АСУ.

Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУТП) — это человеко-машинная система управления, обеспечивающая автоматизированный сбор и обработку информации, необходимой для оптимизации управления технологическим объектом в соответствии с принятым критерием.

За критерий управления АСУТП принимают соотношение, характеризующее качество функционирования технологического объекта управления (ТОУ) в целом и принимающее конкретные числовые значения в зависимости от используемых управляющих воздействий.

Главной задачей большинства АСУТП является получение определенных технико-экономических результатов: повышение производительности труда; снижение затрат живого труда и трудоемкости производства; экономия энергетических ресурсов, вспомогательных материалов, тары и т. п.; обеспечение безопасности функционирования объекта; повышение или стабилизация качества выпускаемой продукции или обеспечение заданных значений параметров готовых изделий; достижение оптимальной загрузки оборудования; оптимизация режимов работы технологического оборудования. При постановке задач оптимизации наряду с критериями должны быть заданы ограничения на все параметры и переменные технологического процесса, т. е. допустимые изменения, которые определяют функционирование технологического процесса. Достижение поставленных задач осуществляется реализацией функций. На вычислительную технику возложены задачи управления пуском и остановом технологического оборудования, контроля его состояния и защиты от перегрузок, поддержания заданного режима работы оборудования и стабилизации отдельных технологических параметров, оптимизации качественных и количественных показателей работы отдельных агрегатов и технологического объекта в целом и т. п.

С функциональной точки зрения АСУТП представляет собой программно-технический комплекс (ПТК или автоматизирован-ный технологический комплекс - АТК), осуществляющий во взаимодействии с человеком ввод, обработку и отображение сигналов, характеризующих состояние технологического процесса (ТП), а также, при необходимости, выработку управляющего воздействия для управления ТП. ТОУ и АСУТП функционируют совместно. Совокупность ТОУ и АСУТП образует программно-технический комплекс или управляющий вычислительный комплекс.

Обобщенная функциональная структура АСУТП показана на рисунке 1, она иллюстрирует организацию работы АСУТП..

Функции АСУТП следует отличать от функций, выполняемых всем комплексом технических средств системы или его отдельными устройствами. Они могут быть управляющими, информационными и вспомогательными.

Управляющие функции АСУТП — это выработка и реализация управляющих воздействий на ТОУ. Управляющие функции реализуются процедурами блока формирования управляющих воздействий, в котором в соответствии с заложенными алгоритмами и ин-струкциями формируются управляющие решения и соответствующие воздействия на ТОУ и блок задания в целях максимизации или минимизации критерия оптимальности. Сформированные управляющие воздействия реализуются на ТОУ исполнительными органами.



Рис. 70. Обобщенная функциональная структура АСУТП

Рисунок 1

## 2. Принципы автоматизации управления. Понятие ГПС.

Информационные функции АСУТП — это функции системы по сбору, обработке и представлению информации о состоянии ТОУ оператору или на последующую обработку в блок формирования управляющих воздействий. В процессе обработки информации выполняются операции суммирования, сглаживания, вычисления косвенных показателей, которые не могут быть определены непосредственно при контроле сопоставления текущих значений параметров технологического процесса с заданными. Одновременно могут осуществляться подготовка и передача информации в смежные системы управления, обобщение результатов и прогноз состояния ТОУ и технологического оборудования. Отличительной особенностью управляющих и информационных функций АСУТП является их направленность на конкретного потребителя.

Общее в функциональной структуре АСУТП и функциональной схеме системы регулирования то, что в обеих сохраняются основные функции — измерение, сопоставление, вычисление и организация регулирующего (управляющего) воздействия. Однако вследствие необходимости обработки чрезвычайно больших потоков информации, поступающих в ТОУ, сложности этой обработки, применения алгоритмов принятия оптимальных решений, необходимости корректировки совокупности параметров ТОУ АСУТП- приобрела качественно новое свойство — обеспечение в соответствии с заданным критерием управления наилучших результатов функционирования всего технологического процесса.

При планировании, проведении и обобщении разработок АСУТП следует иметь в виду их разнообразие. В основу классификации положены следующие принципы: выбор систем-аналогов на ранних этапах разработки АСУТП, оценка необходимых ресурсов при укрупненном планировании работ по созданию АСУТП, определение качества (научно-технического уровня), определение степени полезности АСУТП в условных единицах.

АСУТП классифицируют в основном по уровню, занимаемому ТОУ и АСУТП в структуре предприятия; по характеру протекания технологического процесса во времени; по показателю условной информационной мощности ТОУ; по уровню функциональной надежности АСУТП; по типу функционирования АСУТП.

По уровню, занимаемому ТОУ в структуре предприятия, АСУТП делят на три подкласса: АСУТП нижнего уровня (технологические агрегаты, установки, участки); АСУТП верхнего уровня (группы установок, цехи, производства); АСУТП многоуровневые (включают АСУТП нижнего уровня). Число уровней управления определяется масштабностью предприятия, численностью отдельных технологических процессов, их взаимосвязями между собой, структурой производства в целом.

По характеру протекания технологического процесса во времени различают:

Н-АСУ непрерывным технологическим процессом, характер протекания — с длительным поддержанием режимов, близких к установившимся, и практически безостановочной подачей сырья и реагентов, что создает хорошие условия для организации непрерывного сбора информации о ТОУ с помощью датчиков и ввода этой информации непосредственно в ЭВМ АСУТП. После обработки информации в ЭВМ принятые решения и соответствующие управляющие воздействия могут непосредственно передаваться из АСУТП на ТОУ;

П-АСУ непрерывно-дискретным технологическим процессом с сочетанием непрерывных и прерывистых режимов функционирования технологических агрегатов или на различных стадиях процесса;

Д-АСУ дискретным технологическим процессом с незначительной продолжительностью технологических операций. Дискретные процессы характеризуются большим числом изделий, информация о которых частично может формироваться и вводиться в АСУТП автоматически от датчиков, а частично — вручную от различных устройств регистрации и ввода информации. После обработки информации и формирования рекомендаций последние передаются непосредственно оперативно-производственному персоналу, который реализует их на ТОУ.

По показателю условной информационной мощности в зависимости от числа параметров объекта системы делят на пять групп.

По уровню функциональной надежности системы классифицируют на АСУТП с минимальным уровнем (не требует регламента); АСУТП со средним уровнем (с регламентом, но отказы не приводят к остановке работы ТОУ); АСУТП высокого уровня (с жестким регламентом, так как отказы в управлении могут привести к остановке ТОУ или авариям),

По типу функционирования АСУТП разделяют по совокупности автоматически выполняемых информационных и управляющих функций системы:

И-АСУТП информационная автоматически выполняет только информационные функции без программно-технического комплекса (ПТК), а решение по управлению принимает и реализует оператор;

Л-АСУТП локально-автоматическая с ПТК автоматически выполняет информационные функции и функции локального управления (регулирования). Решения по управлению в целом принимает и реализует оператор;

С-АСУТП советующая с ПТК автоматически выполняет функции информационные, ло-кального управления и с помощью модели процесса формирует советы по выбору управляющих воздействий с учетом критерия;

А-АСУТП автоматическая выполняет автоматически все функции, включая управление процессом по критерию. В состав системы могут входить ПТК, выполняющий функции центрального управляющего устройства (супервизорное управление), и ПТК, выполняющий функции прямого цифрового управления.

И-АСУТП информационная наиболее проста, функциональная структура этой системы показана на рисунке 2.

На ТОУ размещены датчики различных технологических параметров, информация от которых поступает либо непосредственно на автоматические системы регулирования и защиты, либо на пульт управления. С пульта управления оператор на основании полученной информации о состоянии технологического процесса подает управляющие воздействия через исполнительные механизмы.

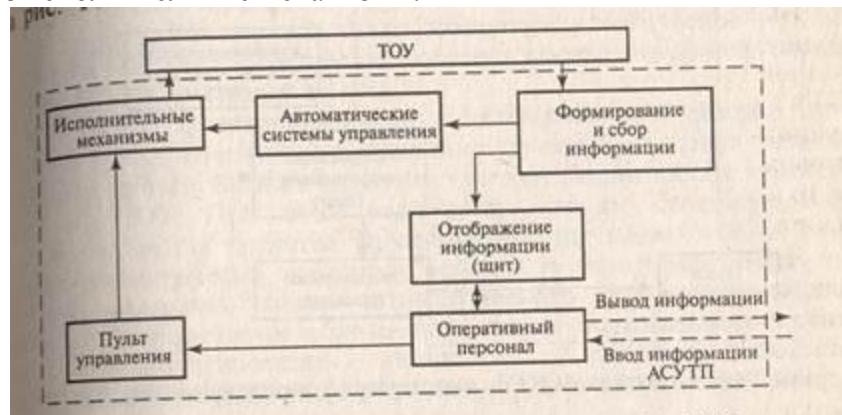


Рисунок 2- Структура АСУТП, функционирующей без ПТК

## 1.6. Лекция № 11, 12, 13 (6 часов)

Тема: «Концептуальное моделирование ИУС»

### 1.6.1. Вопросы лекции:

1. Концептуальная постановка задачи.
2. Использование фреймов и слотов для представления знаний.
3. Описание семантических сетей.

### 1.6.2. Краткое содержание вопросов:

1. Концептуальная постановка задачи.

В настоящее время при разработке сложных систем особенно широкое применение находят методы и средства математического моделирования, которые по сравнению с методами натурного и полунатурного моделирования обладают явными преимуществами в плане ресурсных и временных затрат. Сущность методологической концепции математического моделирования заключается в создании математической модели ИУС и реализации ее на ЭВМ.

Поскольку имитационное моделирование есть разновидность аналогового моделирования тем не менее в отличии от других видов математического моделирования оно имеет определенную специфику, заключающуюся в том, что взаимодействующие

вычислительные процессы должны быть аналогичны исследуемым процессам с точностью до масштабов времени и пространства[46].

Метод математического имитационного моделирования позволяет осуществлять численное моделирование поведения подсистем ИУС и их взаимодействия с учетом возмущений различной природы в течение заданного или формируемого периода времени и не накладывает ограничения на сложность ИУС и может быть принят за основу как инструмент исследований. Процесс имитации на ЭВМ следует понимать и конструирование модели, и её испытание, и применение с целью изучения происходящих процессов и предсказания результатов.

Имитационное моделирование (ИМ), осуществляющееся посредством процессов-аналогов набором алгоритмов, реализуемых на не-котором языке моделирования с применением набора математических инструментальных и программных средств, позволяет выполнить целенаправленное исследование реальной сложной системы в режиме «имитации» с целью оптимизации её структуры и функциональных параметров. Тем самым имитационная модель - это специальный программный комплекс, имитирующий функционирование ИУС. При построении ИМИУС надо исходить прежде всего из возможности вычисления функционала имитирующего различные реальные ситуации, задаваемые на множестве возможных реализаций процесса функционирования ИУС в реальных условиях с некоторым показателем эффективности.

Имитационное моделирование реализуется с помощью информационных технологий и состоит из следующих основных технологических этапов, представленных на рис.3.1 [60,61,77,81,82]. Имитационное моделирование представляет собой имитацию поведения с использованием поведения другой системы, называемой имитатором либо в виде активируемых подсистем, либо в виде математических соотношений.

Имитатор является упрощенной моделью реальной ИУС, но выполненный с возможностью изменения своих параметров, как на уровне подсистем, так и системы в целом. Целью проведения моделирования является получение предварительных оценок по параметрам реальной или проектируемой ИУС, что позволяет существенно сократить трудозатраты, как по поиску проектных решений, так и по аттестации реальной системы.

Основными требованиями, предъявляемыми при использовании методов математического моделирования, являются требования адекватности реальных и моделируемых процессов, причем степень ее зависит от вида решаемых задач, а также возможностей ЭВМ и алгоритмического обеспечения. Формализованная математическая модель функционирования системы, как правило, охватывает только основные, существенные закономерности, оставляя в стороне второстепенные, не подлежащие исследованию факторы.

ИУС можно исследовать с помощью двух типов математических моделей: аналитических и имитационных. Аналитическое моделирование может быть реализовано в виде функциональных соотношений или логических условий. Наиболее полное исследование удается провести в том случае, когда получены явные зависимости, связывающие искомые величины с параметрами исследуемого объекта при заданных начальных условиях.

Однако это удается выполнить только для сравнительно простых систем. Для сложных же систем, в которых явления в них происходящие многопараметрические и многообразные, что именно и имеет место в информационных измерительных и управляющих объектах, аналитическое моделирование не обеспечивает эффективных результатов.

В этом случае необходимо использовать средства математического имитационного моделирования, являющиеся более универсальным инструментом исследования, возможности которого значительно расширены.

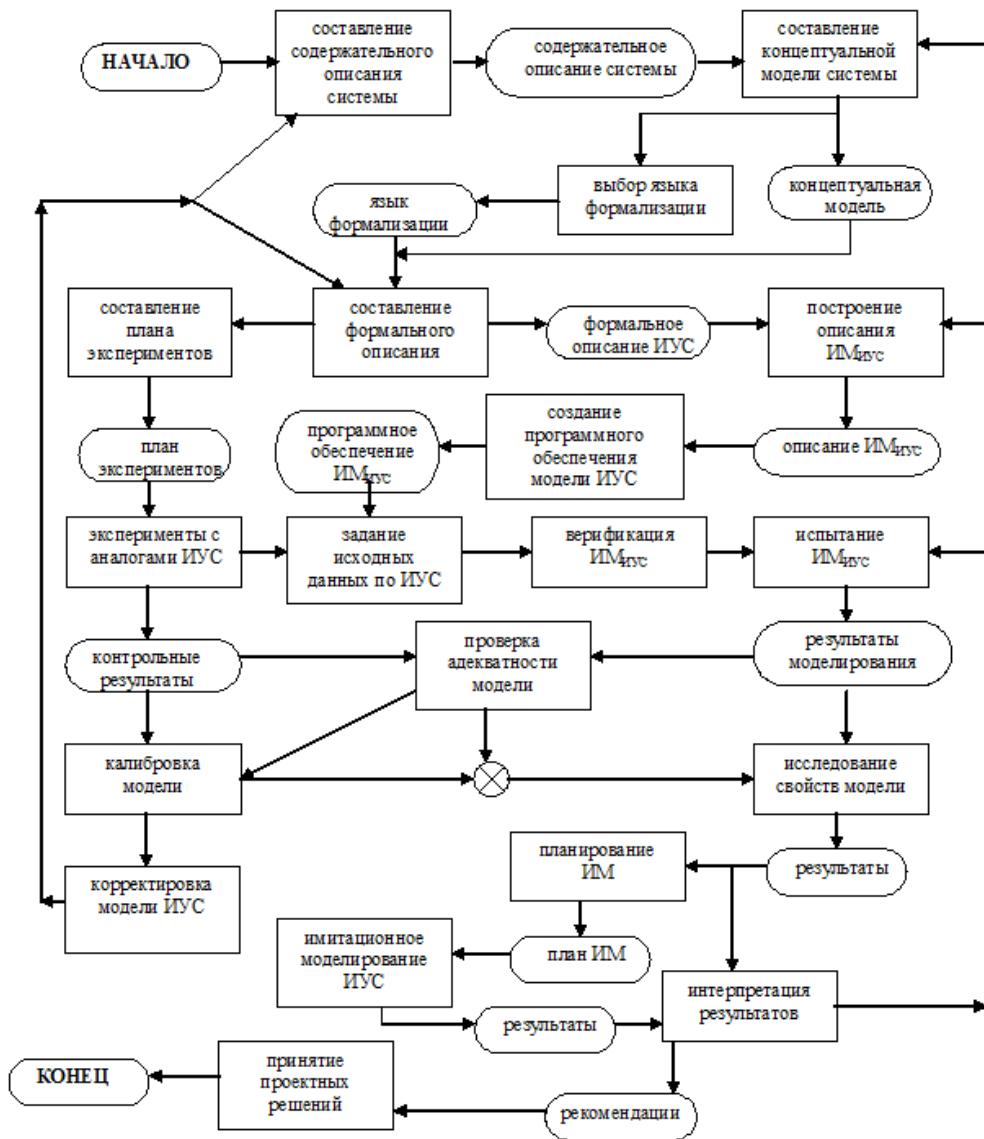


Рис. 3.1. Схема взаимосвязи технологических этапов имитационного моделирования ИУС

2. Использование фреймов и слотов для представления знаний.

1. Имитационная модель - это комбинация таких составляющих, как компоненты, переменные, параметры, функциональные зависимости, ограничения, целевые функции

2. Компоненты ИМ – это составные части модели, отображающие подсистемы или элементы системы при соответствующих условиях, объединённых некоторой формой регулярного взаимодействия или взаимозависимости для выполнения заданной функции.

3. Параметры ИМ – это величины, выбираемые произвольно, в отличие от переменных ИМ, определяемые видом функциональной зависимости. Следует различать переменные двух видов:

- экзогенные – входные величины, порождаемые вне моделируемой системы или являющиеся результатом взаимодействия внешних причин;
- эндогенные - переменные величины, возникающие в системе в результате воздействия внутренних причин, характеризующие состояние или условия, имеющие место в системе – переменные состояния.

4. Поведение переменных и параметров или соотношения между компонентами ИМ - функциональные зависимости, выраженные в виде алгоритмов, устанавливающие

зависимость между переменными состояниями и экзогенными переменными и являющиеся по своей природе либо детерми-нистскими, либо стохастическими.

5. Ограничения – это устанавливаемые пределы изменения значений переменных или ограничивающие условия их изменений, вводимые либо разработчиком, либо свойствами системы.

6. Целевая функция (функция критерия) – это однозначное отображение целей или задач системы и необходимых правил оценки их выполнения.

Применение имитационного моделирования ИУС оправдано в следующих случаях:  
познание ИУС по частям;  
упрощение аналитической модели ИУС;  
наблюдение за поведением компонент ИУС за определенный период;  
контролирование процессов в ИУС в реальном масштабе времени и в определенной последовательности;  
отсутствие достаточной априорной информации о процессах, происходящих в ИУС;  
анализа поведения ИУС при добавлении, замене или удалении каких-либо ее частей;  
подготовка операторов ИУС.

Механизм имитационного моделирования ИУС на ЭВМ реализует последовательность действий компонентов модели в соответствии последовательностью событий, происходящих в подсистемах ИУС на некотором временном интервале локальном  $t_i$  для каждой из подсистем. Безусловно, при построении ИМ функциональные действия, выполняемых подсистемами аппроксимируются упрощёнными функциональными зависимостями – компонентами ИМ, имитирующие действия подсистем на ЭВМ с учетом того, что в ИУС все  $t_i$  изменяются одновременно, а в ИМ характер этих изменений различен и определяется последовательностью временных интервалов  $\{t_{ij}\}$ . Тем самым в ИМИУС функциональное действие представляется парой  $\{\text{Алг}_j; t_{ij}\}$ , которая выполняется следующей последовательностью:

реализуется Алг $_j$  при неизменном значении  $t_i$ ;  
отображается изменение  $t_i$  на величину  $t_{ij}$  инициируя появление действия компоненты.

Метод математического имитационного моделирования позволяет осуществлять моделирование поведения подсистем объекта и их взаимодействия с учетом возмущений различной природы, не накладывает ограничения на сложность объекта и может быть принят за основу как инструмент исследований, проводимых в данной работе.

В математическом имитационном моделировании допускается три вида формального описания исследуемого объекта:

описание функциональных действий аналитическими зависимостями;  
алгоритмическое описание функциональных действий;  
эвристическое описание;  
смешанное описание функциональных действий в виде последовательности формул и алгоритмов.

Для построения математической имитационной модели может быть использован соответствующий математический аппарат – алгебра, функциональный анализ, разностные уравнения, теория вероятностей, математическая статистика, теория массового обслуживания, теория сложных систем, теория алгоритмов и программирования и др.

### 3. Описание семантических сетей.

Следует отметить, что для компьютерной реализации модели ИУС необходим специальный аппарат моделирования, в котором должны быть, в частности, предусмотрены:

способы организации данных, обеспечивающие простое и эффективное моделирование ИУС;  
удобные средства формализации и воспроизведения динамических свойств моделируемой ИУС;  
возможности имитации стохастических систем, т.е. процедуры генерирования и анализа случайных величин и временных рядов.

Такой аппарат моделирования должен иметь специализированные средства, содержащие в своём составе: язык описания объекта моделирования, средства обработки языко-вых конструкций (компилятор, транслятор или интерпретатор), управляющую программу моделирования, осуществляющую имитацию во времени, а также набор стандартных программных средств, реализующих дополнительные возможности по организации модельных экспериментов. Применение универсальных языков программирования в имитационном моделировании позволяет исследователю достигнуть наибольшей гибкости при разработке, отладке и испытании модели ИУС. Однако при этом затрачиваются большие усилия на собственном программировании модели. Поэтому часто целесообразнее применять специализированные средства моделирования, которые обладают определёнными преимуществами перед универсальными. К таким преимуществам относятся: меньшие затраты времени на программирование, более эффективные методы выявления ошибок имитации, краткость, точность выражения понятий, характеризующих имитационные процессы, возможность для некоторой конкретной предметной области исследований предварительного построения стандартных компонентов, которые могут применяться пользователями при построении необходимых имитационных моделей данного вида. Возможность автоматического формирования типов данных, соответствующих принятому способу имитации и необходимых в процессе имитационного моделирования, удобство накопления и представления выходных данных, а также возможность распределения памяти ЭВМ в процессе имитационного эксперимента.

В связи с этим [54], широкое применение имитационного моделирования в процессе проектирования и эксплуатации ИУС делает актуальной задачу создания специализированных методик построения имитационных моделей, основное содержание которых, как правило, должно сводиться к последовательности технологических этапов построения имитационной модели ИУС и её имитационного моделирования, представленной на рис.3.1.

Рассмотрим более подробно содержание этих этапов.

Содержательное описание объекта моделирования.

Данное описание представляет собой выполнение следующих действий.

Определяется состав исходной информации об ИУС, достаточной для изучения тех сторон её функционирования, которые представляют предметный интерес для исследователя.

Устанавливаются границы изучения функционирования ИУС. Составляется возможный список ограничений на математическую модель, которые допустимы при организации моделирования или при наличии которых допустима имитация функционирования ИУС.

Перед разработчиками математической модели ИУС ставятся вполне конкретные цели моделирования и формулируются основные критерии эффективности, по которым предполагается проводить сравнение, различных вариантов модели или проектных решений по созданию ИУС.

Результатом этапа является содержательное описание ИУС с указанием целей моделирования и аспектов функционирования ИУС, которые необходимо изучить в процессе моделирования. Оно должно представлять собой техническое описание ИУС, описание внешней среды, с которой она взаимодействует, и временную диаграмму этого взаимодействия. Тем самым, при составлении содержательного описания ИУС должна соблюдаться следующая последовательность действий [45,48,50,54,60]:

- выбор показателей качества и точности описания ИУС (определяется реализуемостью математической модели);
- определение управляющих переменных модели и выбор состава контролируемых параметров ИУС (определяется исходя из функциональной модели ИУС);
- детализация описания режимов функционирования ИУС (алгоритм функционирования ИУС с учетом возможных конфликтных ситуаций);
- описание внешней среды и её взаимодействие с ИУС.

Таким образом, на каждом шаге данного этапа перерабатывается и дополняется имеющаяся информация о поведении ИУС в соответствии с поставленными целями моделирования, а результатом этапа является содержательное описание системы.

На основании содержательного описания ИУС уточняется задача моделирования, определяются процедура и график ее решения. Уточняется методика всего имитационного моделирования ИУС в зависимости от имеющихся ресурсов. Общая задача моделирования разбивается на частные подзадачи, подробно детализирующие выше приведенные этапы:

- выбор параметров и переменных ИУС;
- уточнение критериев эффективности функционирования различных вариантов проектируемого ИУС;
- выбор методов аппроксимации отдельных компонент модели ИУС;
- предварительный анализ требований к модели ИУС;
- разработка необходимых математических уравнений, описывающих реальные процессы ИУС;
- определение возможных методов верификации функционирования модели ИУС;
- создание методов тестирования и верификации программной реализации модели ИУС;
- формулировка технических требований на моделирование;
- изучение возможности применения методов обработки и анализа результатов;
- определение способов представления результатов имитационного моделирования ИУС;
- выбор языка будущей формализации процессов в объекте моделирования.

В результате выполнения указанных операций должны быть определены:

- концептуальная модель ИУС;
- способ организации компьютерного моделирования.

### **Концептуальная модель объекта моделирования.**

В состав концептуальной модели ИУС должно входить:

- уточненное содержательное описание объекта моделирования, свободное от всего того, что не представляется интереса для имитации поведения ИУС;
- список параметров и переменных моделирования;
- критерии эффективности функционирования вариантов ИУС;
- список используемых методов представления и обработки результатов компьютерного моделирования.

При создании небольших моделей данный этап работ, как правило, совмещается с этапом составления содержательного описания моделируемой системы. Однако с усложнением объекта моделирования и задач имитации появляется необходимость в данном этапе, главная цель которого состоит в определении того способа формализации, который предпочтителен для решения конкретной задачи проектирования.

### **Формальное описание объекта моделирования.**

При составлении формального описания модели ИУС исследователь использует соответствующий язык формализации. В зависимости от сложности ИУС и влияния на него внешней среды могут использоваться три вида формализации:

- аппроксимация функционального действия ИУС либо табулированными, либо аналитическими зависимостями;
- алгоритмическое описание процессов в ИУС;
- смешанное представление в виде последовательности формул и алгоритмических записей.

В зависимости от выбранного способа организации ИМ используются свой язык формализации и своя методика составления формального компьютерного описания ИУС. При этом следует отметить, что каждый из способов имитации (они будут рассматриваться в следующем разделе) имеет свою специфику реализации. Описания одной и той же имитационной модели для каждого способа имитации существенно отличаются друг от друга.

После составления формального описания ИУС приступают к его проверке. Это первая главная проверка достоверности будущей модели сложной системы в процессе проектирования. Для обеспечения контроля правильности функционирования модели вводят классические модели, достоверность которых доказана. Они фигурируют в модели в виде составных частей. На вход таких моделей поступают данные, вычисляемые в других частях модели, достоверность которых проверяется. Если результат работы классической модели окажется недостоверным, то считают, что предшествующая часть формального описания системы также недостоверна.

Имитационная модель ИУС.

Имитационная модель ИУС является отображением функционирования подсистем реального объекта. При этом основное преимущество ИМ заключается в возможности проведения компьютерного моделирования ИУС путем моделирования его составных звеньев. Процесс формализации составляющих ИУС как условно независимых предопределяет собой успех всего компьютерного моделирования. После выбора средств реализации можно переходить к этапу преобразования формального описания в описание имитационной модели. Когда имитационную модель можно представить с помощью таких универсальных средств описания, как например агрегативные схемы или системы массового обслуживания, то указанный этап совпадает с предыдущим. При переходе к более сложным системам это различие проявляется. Прежде всего, не удовлетворяет состав стандартной статистики при моделировании, реализуемой соответствующими алгоритмами. Кроме того, появляется множество дополнительных трудностей, связанных с выбранным способом организации имитации. Как правило, в этих случаях приходится решать ряд дополнительных вопросов, не связанных с описанием поведения ИУС, как, например:

- декомпозиция ИУС на составляющие подсистемы и формирование элементов модели;
- обеспечение необходимой синхронизации частей подсистем в модельном времени;
- задание начальных условий моделирования;
- планирование процесса имитации отдельных вариантов ИУС;
- проверка окончания моделирования;
- обработка результатов имитации;
- организация сбора статистики.

Результатом этапа должно быть завершение описания имитационной модели ИУС. Отображение реальной подсистемы ИУС в виде имитации на ЭВМ, а соответственно и алгоритма, возможно при наличии адекватного аналитического или логического её описания.

Программирование.

На этом этапе составляется план создания и использования программной реализации имитационного моделирования ИУС. План должен предусматривать: в том числе тип ЭВМ; средство автоматизации моделирования; затраты памяти ЭВМ на создание программы модели и ее рабочих массивов; затраты машинного времени на один цикл работы модели; оценки затрат на программирование и отладку программы модели.

Техническим заданием на программирование служит описание имитационной модели. Специфика работ по разработке программы имитационного моделирования ИУС зависит от располагаемых средств автоматизации моделирования. В соответствии с текстом задания производится деление программной модели на составляющие её блоки и подблоки. При автономной отладке блоков и подблоков программной модели объем работ существенно увеличивается, поскольку для каждого модуля необходимо создать и отладить имитатор внешнего окружения. При этом необходимо подтвердить правильную реализацию функций модуля в модельном времени и оценить затраты машинного времени на один цикл работы модели как функцию от значений параметров модели. Работы по автономной отладке компонент модели завершаются подготовкой форм представления входных и выходных данных моделирования. После автономной отладки необходимо приступить к комплексной отладке модели. Она может быть осуществлена с использованием специальных тестов, проверяющих правильность работы программной модели в динамике. Комплексная отладка программной модели значительно сложнее отладки автономных модулей, поскольку ошибки динамики моделирования в этом случае определить труднее вследствие, имеющего места квазипараллельной работы составляющих компонент модели. По завершении комплексной отладки программы модели необходимо вновь оценить затраты машинного времени на один цикл расчетов на модели. При этом следует получить аппроксимацию времени моделирования на один цикл имитации.

Результатом предыдущих этапов к моменту завершения комплексной отладки программы модели ИУС должны быть разработаны следующие документы:

- описание имитационной модели;
- описание программы модели с указанием системы программирования и принятых обозначений;
- полная схема программы модели;
- полная запись программной модели на выбранном языке программирования;
- доказательство достоверности программы модели (результаты комплексной отладки программы модели);
- описание входных и выходных величин с необходимыми пояснениями (размерностей, масштабов, диапазонов изменения величин, обозначений);
- оценка затрат машинного времени на один цикл моделирования;
- инструкция по работе с программой модели.

Кроме этой технической документации к результатам этапа прилагается машинная реализация модели (программа, отранслированная в машинном коде ЭВМ, на которой будет происходить имитация).

Исследование свойств имитационной модели ИУС.

На этом этапе необходимо убедиться в правильности динамики развития алгоритма моделирования объекта исследования в ходе имитации его функционирования (проводить верификацию модели), а также определить степень адекватности модели и объекта исследования. Под адекватностью программной имитационной модели реальному объекту понимают совпадение с заданной точностью векторов характеристик поведения объекта и его модели. При отсутствии адекватности проводят калибровку имитационной модели. В процессе исследования оцениваются точность имитации явлений, устойчивость результатов моделирования, чувствительность критериев качества к изменению параметров модели. Точность имитации явлений представляет собой оценку влияния

стохастических элементов на функционирование модели сложной системы. Устойчивость результатов моделирования характеризуется сходимостью контролируемого параметра моделирования к определенной величине при увеличении времени моделирования варианта сложной системы. Стационарность режима моделирования характеризует собой некоторое установившееся равновесие процессов в модели системы, когда дальнейшая имитация бессмысленна, поскольку новой информации из модели исследователь не получит и продолжение имитации практически приводит только к увеличению затрат машинного времени. Такую возможность необходимо предусмотреть, и разработать способ определения момента достижения стационарного режима моделирования.

Чувствительность имитационной модели представляется величиной минимального приращения выбранного критерия качества, вычисляемого по статистикам моделирования, при последовательном варьировании параметров моделирования на всем диапазоне их изменений.

Организация компьютерного моделирования ИУС.

Этот этап следует начинать с составления плана эксперимента, позволяющего исследователю получить максимум информации при минимальных усилиях на вычисление.

Планирование эксперимента представляет собой процедуру выбора числа и условий проведения реализаций, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью.

При этом существенно:

- обеспечение минимизации общего числа реализаций и обеспечение возможности одновременного варьирования всеми переменными;
- использование математического аппарата, формализующего многие действия экспериментаторов;
- выбор четкой стратегии, позволяющей принимать обоснованные решения после каждой серии экспериментов на модели.

Уже на ранних этапах создания имитационной модели необходимо тщательно продумывать состав и объемы информации моделирования, чтобы существенно облегчить дальнейший анализ результатов имитации.

Анализ результатов моделирования ИУС.

Данный этап завершает технологическую цепочку этапов создания и использования имитационных моделей ИУС. Получив результаты моделирования, исследователь приступает к интерпретации результатов. Здесь возможны следующие циклы имитации:

1. В первом цикле имитационного эксперимента в имитационной модели заранее предусмотрен выбор вариантов исследуемой системы путем задания начальных условий имитации для машинной программы модели.

2. Во втором цикле имитационного эксперимента модель модифицируется на языке моделирования, и поэтому требуются повторная трансляция и редактирование программы.

Возможно, что в ходе интерпретации результатов исследователем установлено наличие ошибок либо при создании модели, либо при формализации объекта моделирования. В этих случаях осуществляется возврат на этапы построения описания имитационной модели или на составление концептуальной модели системы соответственно.

Результатом этапа интерпретации результатов моделирования являются рекомендации по проектированию ИУС или ее модификации. Имея в своем распоряжении рекомендации, исследователи приступают к принятию проектных решений.

В конечном итоге, после выполнения всех перечисленных выше итерационных этапов будут получены результаты, которые и будут учтены при проектировании ИУС.

## **1.7. Лекция № 14, 15, 16 (6 часов)**

**Тема:** «Автоматизированные рабочие места».

### **1.7.1. Вопросы лекции:**

1. Назначение АРМ в интегрированной ИУС.
2. Характеристика основных видов обеспечения АРМ.

### **1.7.2. Краткое содержание вопросов:**

1. Назначение АРМ в интегрированной ИУС.

В последнее время широкое распространение получили дискретные системы управления и дискретные системы передачи информации. В основу работ таких систем положена дискретная (цифровая) обработка информации и дискретные (цифровые) сигналы, которые описываются последовательностями отсчетных значений в дискретном множестве точек. В таких системах обычно вначале аналоговый сигнал подвергается дискретизации по времени, квантованию по уровню и цифровому кодированию. После этого в цифровом фильтре кодированная информация подвергается математической обработке и на выходе фильтра преобразуется в аналоговый сигнал. Поэтому важно обратить внимание на алгоритм дискретной обработки сигнала.

Особенности дискретной фильтрации позволяют выяснить структуру спектра дискретизированного сигнала, состоящего из бесконечного числа повторяющихся спектров исходного аналогового сигнала. Сигнал на выходе цифрового фильтра представляет результат дискретной свертки входного сигнала и импульсной характеристики фильтра. Частотный коэффициент передачи цифрового фильтра является преобразованием Фурье импульсной характеристики и представляет собой периодическую функцию частоты с периодом равным частоте дискретизации. Возможности цифровой фильтрации значительно расширяются, если ввести обратную связь. Такие фильтры называются рекурсивными.

Математическим аппаратом для исследования цифровых фильтров и описания дискретных сигналов служат дискетное преобразование Фурье и его разновидность - быстрое преобразование Фурье, а также дискретное преобразование Лапласа и метод Z - преобразования, позволяющий успешно исследовать характеристики фильтров высоких порядков.

При цифровой обработке сигналов возникает специфическая погрешность, называемая шумом квантования. Необходимо знать основные характеристики этой погрешности, а также характеристики шума округления и быстродействия арифметического устройства цифрового фильтра.

В сложных системах управления сегодня применяются наблюдатели состояния (в литературе также встречается термин “построители состояния”). Наиболее распространенным в системах автоматического управления наблюдателем состояния является фильтр Калмана, но при построении многомерной структуры системы управления нецелесообразно применять такое сложное и относительно дорогостоящее устройство, как фильтр Калмана, опыт показывает, что достаточно ограничиться применением более простого экспоненциального фильтра.

### **1. Основы цифрового фильтра**

Сигналы в реальных системах в отличие от идеализированных представлений функций в математическом анализе обладают двумя дополнительными свойствами:

- 1) наличием информационной и шумовых компонент в структуре сигнала;
- 2) разверткой в реальном времени.

Наличие информационной и шумовых компонент говорит о том, что любой реальный сигнал  $x(t)$  может быть представлен в виде комбинации информационного сигнала и помехи:

$$x(t) = x_0(t) + \Delta x(t), \quad (3.1)$$

где  $x(t)$  – информационный сигнал,  
 $\Delta x(t)$  – помеха.

Развёртка сигнала в реальном времени говорит о том, что мы не знаем будущего поведения сигнала и вынуждены основываться на вычислениях в рамках автоматизированной системы, используя только прошлое поведение сигнала. Наглядно, это может представить соотношением

$$x(t + \tau) = \begin{cases} ?, \text{ при } \tau > 0, \\ x(t - \lambda), \text{ при } \tau \leq 0, \end{cases}$$

(3.2)

где  $t$  – текущий момент времени,  
 $\tau$  – интервал прогноза,  
 $\lambda$  – интервал ретроспективы.

В данной работе рассматриваются системы реального времени. Поэтому ограничение реального времени (3.2) необходимо учитывать при построении алгоритмов обработки информации.

Производить обработку зашумленных сигналов в автоматизированных системах нерационально. Помехи вызывают перегрузку вычислительных ресурсов и искажают информационные процессы. Поэтому все зашумленные сигналы должны пройти фильтрацию. Фильтрацию сигналов можно выполнить как аналоговым, так и цифровым способом на основе цифровых фильтров.

В настоящее время теория цифровой фильтрации представляет собой обширный раздел теории автоматического управления. Разработаны самые разнообразные фильтры для решения конкретных задач. Созданы общие теории фильтрации, базовыми из которых являются теория фильтров Винера, фильтров Калмана, Луенбергера и др. Экспоненциальный фильтр первого порядка позволяет приблизенно определить измеряемую координату и её производную.

Построение экспоненциальных фильтров базируется на представлении информационной составляющей фильтруемого сигнала в виде ряда

$$x_0(t - \lambda) = \sum_i a_i(t) \varphi_i(\lambda), \quad (3.3)$$

где  $\varphi_i(\lambda)$  – координатные функции ряда;  
 $a_i(t)$  – проекции сигнала.

Отметим, что ряд (3.3) построен с учетом фактора реального времени. Разложение сигнала в ряд осуществляется в ретроспективе с использованием уже известных значений сигнала.

В роли координатных функций могут быть использованы различные функции: гармонические, степенные, ортогональные полиномы и др. Ниже будет рассмотрен случай использования степенных функций.

Таким образом, информационную составляющую сигнала будем представлять в виде

$$x_0(t - \lambda) = \sum_i a_i(t) \lambda_i. \quad (3.4)$$

В данном случае ряд (3.4) можно сопоставить с разложением функции  $x_0(t - \lambda)$  в ряд Тейлора в точке  $t$  – текущий момент времени:

$$x_0(t - \lambda) = \sum_i \frac{(-1)^i x_0^{(i)}(t)}{i!} \lambda^i, \quad (3.5)$$

где  $x_0^{(i)}(t)$  – производные  $i$ -го порядка сигнала  $x_0(t)$ .

Сравнение (3.5), (3.4) позволяет вывести формулы

$$x_0^{(i)}(t) = (-1)^i i! a_i(t), \quad i = 0 \text{--} n. \quad (3.6)$$

Соотношения (3.6) показывают связь между проекциями информационного сигнала и его производными. Полученные подобным образом производные будем называть относительно исходного сигнала  $x(t)$  гладкими производными.

Таким образом, гладкой производной зашумленного сигнала  $x(t)$ , будем называть производные  $x_0^{(i)}(t)$  его информационной составляющей  $x_0(t)$ . В отличие от обыкновенных производных гладкие производные сигнала могут быть вычислены любой степени.

Рассмотрим ошибку представления сигнала  $x(t)$  в виде ряда (3.4):

$$\Delta x(t - \lambda) = x(t - \lambda) - \sum_i a_i(t) \lambda^i. \quad (3.7)$$

При выводе цифрового фильтра нас будут интересовать не мгновенные значения ошибки, а усредненные. Для усреднения ошибки (3.7) введем оператор экспоненциального усреднения:

$$E^2(t) = \frac{1}{T} \int_0^\infty \Delta x^2(t - \lambda) e^{-\frac{\lambda}{T}} d\lambda. \quad (3.8)$$

Структурная схема оператора экспоненциального усреднения

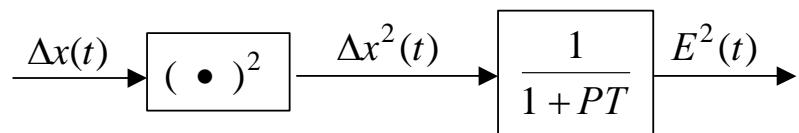


Рис. 3.1. Структура оператора экспоненциального усреднения

Из рис. 3.1 видно, что оператор экспоненциального усреднения осуществляет усреднение с помощью апериодического фильтра квадрата ошибки.

При этом параметр  $T$  играет роль постоянной времени усредняющего фильтра. В принципе здесь можно использовать и более сложные фильтры, однако это приводит к усложнению задачи.

Постановка задачи фильтрации следующая.

Дана экспоненциально-средняя ошибка представления сигнала (ЭКСО)

$$E^2(t) = \frac{1}{T} \int_0^\infty [x(t - \lambda) - \sum_i a_i(t) \lambda^i]^2 e^{-\frac{\lambda}{T}} d\lambda. \quad (3.9)$$

Необходимо найти проекции сигнала  $\{a_i(t)\}$ , исходя из критерия минимума ошибки  $E^2(t)$ .

Задача решается на основе необходимого (в данном случае и достаточного) условия минимума функции (3.9) по проекциям  $a_i$ :

$$\frac{\partial E^2(t)}{\partial a_i} = 0, \quad i = \overline{0, n}.$$

Необходимым условием минимума ЭКСО по проекциям  $a_i$  является равенство нулю частных производных

$$\frac{\partial E^2(t)}{\partial a_i} = 0, \quad i = \overline{0, n}. \quad (3.10)$$

Исходя из (3.9), (3.10) получим систему уравнений

$$-\frac{2}{T} \int_0^\infty \left[ x(t - \lambda) - \sum_j a_j(t) \lambda^j \right] \lambda^i e^{-\frac{\lambda}{T}} d\lambda = 0; \quad i = \overline{0, n} \quad (3.11)$$

Систему уравнений (11) можно записать в каноническом виде

$$\sum_j a_j(t) \left( \frac{1}{T} \int_0^\infty \lambda^{i+j} e^{-\frac{\lambda}{T}} d\lambda \right) = \frac{1}{T} \int_0^\infty x(t - \lambda) \lambda^i e^{-\frac{\lambda}{T}} d\lambda, \quad i = \overline{0, n}. \quad (3.12)$$

Введем коэффициенты

$$q_{ij} = \frac{1}{T} \int_0^\infty \lambda^{i+j} e^{-\frac{\lambda}{T}} d\lambda = (i+j)! \quad (3.13)$$

и моменты сигнала

$$\mu_i(t) = \frac{1}{T} \int_0^\infty x(t - \lambda) \lambda^i e^{-\frac{\lambda}{T}} d\lambda. \quad (3.14)$$

Тогда система уравнений (4) примет вид

$$\sum_j q_{ij} a_j(t) = \mu_i(t), \quad i = \overline{0, n}. \quad (3.15)$$

В матричном виде

$$Q \bar{a}(t) = \bar{\mu}(t), \quad (3.16)$$

где  $\bar{a}(t) = (a_1(t), a_2(t), \dots, a_n(t))^T$ ,

$$\mu(t) = (\mu_1(t), \mu_2(t), \dots, \mu_n(t))^T,$$

$$Q = \|q_{ij}\|.$$

Формальное решение уравнения (3.8)

$$\bar{a}(t) = P \bar{\mu}(t), \quad (3.17)$$

где  $P = Q^{-1}$ .

Рассмотрим определение моментов сигнала.

Исходную формулу (3.14) можно представить в виде

$$\mu_i(t) = \frac{1}{T} \int_{-\infty}^t x(\tau) (t - \tau)^i e^{-\frac{t-\tau}{T}} d\tau, \quad (3.18)$$

где  $\tau = t - \lambda$ .

Производные функций (3.18) имеют вид

$$\left. \begin{aligned} \dot{\mu}_0(t) &= -\frac{1}{T} \mu_0(t) + \frac{1}{T} x(t) \\ \dot{\mu}_i(t) &= -\frac{1}{T} \mu_i(t) + i \mu_{i-1}(t). \end{aligned} \right\} \quad (3.19)$$

Для численного интегрирования дифференциальных уравнений (3.19) воспользуемся неявным методом Эйлера, основанного на формулах

$$\dot{y} = f(y, t), \quad \frac{y_k - y_{k-1}}{\Delta t} = f(y_k, t_k). \quad (3.20)$$

Неявный метод Эйлера обладает численной устойчивостью при интегрировании на фоне помех.

Применение неявного метода Эйлера к системе дифференциальных уравнений (3.19) дает систему рекуррентных соотношений

$$\left. \begin{aligned} \mu_{0,k} &= \frac{1}{1 + \frac{\Delta t}{T}} \mu_{0,k-1} + \frac{1}{T} \frac{\Delta t}{1 + \frac{\Delta t}{T}} x_k \\ \mu_{i,k} &= \frac{1}{1 + \frac{\Delta t}{T}} \mu_{i,k-1} + i \frac{\Delta t}{1 + \frac{\Delta t}{T}} \mu_{i-1,k}; \end{aligned} \right\} \quad (3.21)$$

$$i = 1, \overline{n}.$$

Конечный результат решения определяет систему рекуррентных соотношений экспоненциального фильтра.

$$\left. \begin{aligned} \mu_{0,k} &= \frac{1}{1 + \frac{\Delta t}{T}} (\mu_{0,k-1} + \frac{\Delta t}{T} x_k); \\ \mu_{i,k} &= \frac{1}{1 + \frac{\Delta t}{T}} (\mu_{i,k-1} + i \Delta t \mu_{i-1,k}) \\ \overline{a_k} &= P \overline{\mu}_k. \end{aligned} \right\} \quad (3.22)$$

здесь  $\overline{a_k} = (a_{0,k}, a_{1,k}, \dots, a_{n,k})^T$  – значение вектора проекции сигнала для момента времени  $t_k$ ,  $\overline{\mu}_k = (\mu_{0,k}, \mu_{1,k}, \dots, \mu_{n,k})^T$  – значение вектора моментов сигнала для момента времени  $t_k$ .

$x_k$  – значение исходного сигнала для момента времени  $t_k$ ;

$P$  – матрица постоянных коэффициентов,

$T$  – постоянная времени фильтра,

$\Delta t$  – шаг квантования по времени.

Моменты сигнала  $i$ -го порядка в общем случае определяются формулой

$$\mu_i(t) = \frac{1}{T} \int_0^\infty x(t - \lambda) \lambda^i e^{-c\lambda} d\lambda, \quad (3.23)$$

Соотношение (3.23) определяет рекуррентное вычисление моментов.

Матрицы постоянных коэффициентов  $P$  для некоторых значений порядков “ $n$ ” фильтра приведены ниже.

$$\begin{aligned}
n = 0, \quad P_0 &= 1; \\
n = 1, \quad P_1 &= \begin{pmatrix} 2 & -1 \\ -1 & 1 \end{pmatrix} \\
n = 2, \quad P_2 &= \begin{pmatrix} 3 & -3 & 0,5 \\ -3 & 4 & -1 \\ 0,5 & -1 & 0,25 \end{pmatrix}.
\end{aligned}$$

Формула вычисления матрицы  $P$  в общем случае приведена выше.

Общая структура алгоритма оценки проекций сигнала приведен на рис. 3.2

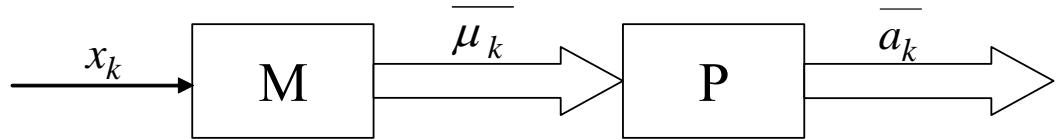


Рис. 3.2

Алгоритм фильтра состоит из двух частей:  $M$  – вычисление моментов  $\mu_k$  – сигнала  $x_k$ ,  $P$  – вычисление проекций  $a_k$  сигнала.

## 2. Фильтрация измерительных сигналов

Сигналы, поступающие в автоматизированную систему от измерительных приборов, часто зашумлены помехами, поэтому необходимо их подвергать фильтрации. Далее, если сигналы в дальнейшей алгоритмической обработке используются для вычисления производных и в других операциях, обладающих низкой помехоустойчивостью, то необходимо обеспечить определенную степень гладкости сигнала. Для достижения указанных целей может быть использованы экспоненциальные фильтры. При этом порядок фильтра выбирается равным требуемому порядку гладкости фильтрованного сигнала.

В случае простой фильтрации информационный сигнал принимается равным нулевой проекции исходного сигнала

$$x_0(t) = a_0(t).$$

В случае если необходимо скорректировать запаздывание сигнала, возникающие в трактах обработки сигналов, необходимо использовать формулу прогноза

$$x_0(t + \tau) = \sum_{i=1}^n a_i(t) (-\tau)^i.$$

В общем случае сигнал может быть искажен динамическими свойствами измерительного тракта

$$y(t) = W(p)x(t), \quad p = \frac{d(\cdot)}{dt}, \quad (3.24)$$

где  $x(t)$  – исходный измерительный сигнал;

$y(t)$  – сигнал, поступающий в систему;

$W(p)$  – динамический оператор измерительного тракта.

Компенсацию динамических искажений можно формально представить в виде

$$x(t) = V(p)y(t), \quad (3.25)$$

где  $V(p) = W^{-1}(p)$ .

Оператор  $V(p)$  в общем случае имеет вид

$$V(p) = \sum_{i=0}^{n_1} c_i p^i + V_n(p), \quad (3.26)$$

где  $c_i$  – постоянные коэффициенты;

$V_n(p)$  – передаточная функция, степень числителя которой меньше степени знаменателя.

В интегральном виде соотношение (3.25) имеет вид:

$$x(t) = \sum_{i=0}^{n_1} c_i y^{(i)}(t) + \int_0^{\infty} y(t-\lambda) v_n(\lambda) d\lambda. \quad (3.27)$$

Производные  $y^{(i)}(t)$  в выражении (3.27) вычисляются с помощью экспоненциального фильтра:

$$y^{(i)}(t) = (-1)^i i! b_i(t), \quad (3.28)$$

где  $b_i(t)$  – проекции сигнала  $y(t)$ .

Экспоненциальный фильтр дает разложение сигнала  $y(t)$  в ряд

$$y(t-\lambda) = \sum_{i=0}^n b_i(t) \lambda^i. \quad (3.29)$$

Подстановка (3.29) в интегральное соотношение (3.27) дает следующее:

$$x_n(t) = \int_0^{\infty} y(t-\lambda) v_n(\lambda) d\lambda = \sum_{i=0}^n m_i b_i(t), \quad (3.30)$$

где  $m_i$  – момент  $i$ -го порядка передаточной функции  $V_n(p)$ :

$$m_i = \int_0^{\infty} v_n(\lambda) \lambda^i d\lambda, \quad i = \overline{0, n}. \quad (3.31)$$

В операторной форме момент  $i$ -го порядка определяется соотношением

$$m_i = (-1)^i \left. \frac{d^i V(p)}{dp^i} \right|_{p=0} \quad (3.32)$$

В итоге формула компенсации динамических искажений (3.27) примет вид:

$$x(t) = \sum_{i=0}^{n_1} (-1)^i i! c_i b_i(t) + \sum_{i=0}^n m_i b_i(t). \quad (3.33)$$

### 3. Реализация регуляторов и корректирующих звеньев

В автоматизированных системах промышленного применения, как правило, используются ПИД – регуляторы, обеспечивающие пропорциональный, интегральный и дифференциальный законы регулирования. Указанных законов достаточно для регулирования технологических процессов широкого класса.

Обычно ПИД – регуляторы входят в состав стандартного математического обеспечения АСУ ТП. Однако при работе с зашумленными сигналами может потребоваться применение помехоустойчивого алгоритма ПИД – регулятора. Подобный алгоритм может быть построен на основе использования экспоненциальных фильтров.

Алгоритм ПИД – регулятора реализует следующий закон регулирования:

$$u(t) = K_0 e(t) + K_1 \int_e^t e(t) + K_2 e'(t), \quad (3.34)$$

где  $e(t)$  – ошибка регулирования;

$K_0, K_1, K_2$  – настраиваемые коэффициенты.

С помощью экспоненциального фильтра ошибку  $e(t)$  можно представить в виде ряда:

$$e(t - \lambda) \approx e_0(t) - e_1(t)\lambda,$$

где  $e_0(t), e_1(t)$  проекции сигнала  $e(t)$ .

В выражении (3.34) соответственно можно сделать подстановки

$$e(t) = e_0, k;$$

$$I_k = I_{k-1} + 0,5(e_{0,k-1} + e_{0,k});$$

$$e^1(t) = e_{1,k}.$$

В результате получим рекуррентное выражение ПИД – регулятора

$$u_k = K_0 e_{0,k} + K_1 (I_{k-1} + 0,5(e_{0,k-1} + e_{0,k})) + K_2 e_{1,k}. \quad (3.35)$$

Расчет корректирующих звеньев является типовой операцией при проектировании систем автоматического регулирования (СФР). Например, пусть задан желаемый оператор  $\Phi_{\text{ж}}(p)$  замкнутой САР. Реальный оператор имеет вид

$$\Phi(p) = \frac{W_0(p)W_R(p)}{1 + W_0(p)W_R(p)}, \quad (3.35)$$

где  $W_R(p)$  – оператор регулятора;

$W_0(p)$  – оператор объекта регулирования.

Для того, чтобы оператор замкнутой САР совпадал с желаемым, введем последовательно с регулятором корректирующее звено  $W_k(p)$ . В результате получим уравнение

$$\Phi_{\text{ж}}(p) = \frac{W_R(p)W_k(p)W_0(p)}{1 + W_R(p)W_0(p)W_k(p)} \quad (3.36)$$

Решение уравнения (3.36)

$$W_k(p) = \frac{\phi_{\text{ж}}(p)}{(1 - \Phi_{\text{ж}}(p))W_R(p)W_0(p)}. \quad (3.37)$$

Полученное аналитическое выражение корректирующего звена (3.37) является сложным по структуре и в общем случае физически нереализуемым, так как степень числителя оператора  $W_k(p)$  будет больше степени знаменателя. Для реализации звена (3.36) можно воспользоваться экспоненциальным фильтром. Процедура его применения аналогична ранее рассмотренной.

Оператор корректирующего звена представляется в виде (3.26) с разделителем дифференциальной и интегральной части. Дифференциальная часть вычисляется с использованием экспоненциального фильтра по формулам (3.28). Интегральная часть также вычисляется с использованием экспоненциального фильтра, но по формуле (3.30).

Порядок используемого фильтра определяется условиями решаемой задачи. Общее представление операторов с помощью экспоненциальных фильтров дается формулой (3.33). Подобное представление является приближенным. Однако увеличивая порядок фильтра и уменьшая его постоянную времени можно теоретически сколь угодно точно приблизиться к исходному оператору. На практике это сделать невозможно вследствие наличия помех. Для фильтрации помех необходимо увеличивать постоянную времени фильтра и снижать его порядок, что влечет за собой снижение точности представления. Поэтому при проектировании фильтров необходимо искать разумный компромисс.

## 2. Характеристика основных видов обеспечения АРМ.

Тренд – это временной ряд наблюдаемых значений параметров. Прогнозирование трендов представляет собой прогноз изменения параметров на определенный интервал прогноза.

Прогнозирование трендов является одной из важных задач, которые должно выполнять математическое обеспечение операторских станций автоматизированных систем.

При работе с трендами математическое обеспечение операторской станции прежде всего должно обеспечивать интерполяцию и экстраполяцию дискретного ряда значений параметров. Это можно сделать на основе обработки временного ряда изменения параметра

$$\begin{aligned} x_1, & x_2, x_3, \dots, x_n, \\ t_1, & t_2, t_3, \dots, t_n \end{aligned} \quad (3.38)$$

экспоненциальным фильтром. В результате будет получена эмпирическая формула временного ряда

$$x(t_k - \lambda) = \sum_{i=0}^n a_i(t_k) \lambda^i. \quad (3.39)$$

С помощью формулы (3.39) при  $\lambda > 0$  решается задача интерполяции временного ряда, при  $\lambda < 0$  – задача экстраполяции. На основе указанных задач осуществляется визуализация непрерывных графиков изменения параметров на дисплее операторской станции.

Рассмотрим далее задачу прогнозирования изменений параметров объекта управления. Прежде всего отметим, что задача прогнозирования отличается от задачи экстраполяции тем, что решается с использованием модели объекта управления. Это позволяет получить прогноз на больший интервал прогнозирования, чем при экстраполяции. Под экстраполяцией понимается обычно прогнозирование на один шаг процесса. Прогнозирование с моделью позволяет получить прогнозные значения процесса на множество шагов вперед.

Пусть модель процесса описывается обыкновенным дифференциальным уравнением

$$\sum_{i=0}^n a_i y^{(i)}(t) = \sum b_i x^{(i)}(t). \quad (3.40)$$

В операторной форме модель (3.40) имеет вид

$$y(t) = \phi(p) x(t), \quad \Phi(p) = \frac{\sum_{i=1}^m b_i P^i}{\sum_{i=1}^n a_i P^i}. \quad (3.41)$$

При решении задачи прогнозирования модель процесса строится таким образом, чтобы входной сигнал  $x(t)$  был белым шумом. Белый шум – это полная неопределенность. Поэтому, если удалось описать оператором (3.41) все закономерности формирования наблюдаемого процесса  $y(t)$ , то входной сигнал  $x(t)$  должен быть белым шумом. В противном случае модель (3.40) неполна и необходимо дополнительно провести исследование механизма формирования сигнала  $x(t)$ . Оператор (3.41), удовлетворяющий указанному выше условию ( $x(t)$  – белый шум), называется формирующим фильтром процесса  $y(t)$ .

Прогнозное значение процесса  $y(t + \tau)$  получается как общее решение уравнения (3.40) формирующего фильтра

$$y(t + \tau) = \varphi(t, \tau) + \int_0^{\infty} x(t - \tau) \psi(\lambda) d\lambda, \quad (3.42)$$

где  $\varphi(t, \tau)$  – общее решение однородного уравнения;

$\psi(\lambda)$  – весовая функция оператора (3.41).

Функция (3.42) является случайной, поэтому применим к ней операцию математического ожидания. При этом примем во внимание следующее:

$$M \left\{ \int_0^{\infty} x(t - \lambda) \psi(\lambda) d\lambda \right\} = \int_0^{\infty} M \{x(t - \lambda)\} \psi(\lambda) d\lambda = 0,$$

так как  $M \{x(t - \lambda)\} = 0$ ,

где  $M \{\cdot\}$  – операция математического ожидания.

В результате получим, что прогноз процесса  $y(t + \tau)$  определяется решением однородного уравнения

$$\sum_{i=0}^n a_i y^{(i)}(t + \tau) = 0,$$

(3.43)

при начальных условиях ( $\tau = 0$ )

$$y_t^{(i)} = y^{(i)}(t), \quad i = \overline{0, n-1}.$$

(3.44)

Начальные условия (3.44) определяются на основе обработки сигнала  $y(t)$  экспоненциальным фильтром.

Процедура прогноза процессов в многомерных динамических системах строится аналогично.

В настоящее время теория цифровой фильтрации представляет собой обширный раздел теории автоматического управления. Разработаны самые разнообразные фильтры для решения конкретных задач. Созданы общие теории фильтрации, базовыми из которых являются теория фильтров Винера, фильтров Калмана, Луенбергера и др. В данной работе были рассмотрены методы экспоненциальной фильтрации, позволяющие получить достаточно простые и эффективные цифровые фильтры.

### Программное обеспечение управления непрерывными процессами

Как правило, на промышленных предприятиях с контроллерами работают не программисты, а технологи, хорошо знающие специфику объектов управления и технологического процесса. Для описания процессов обычно используются такие языки,

как язык релейно-контактных схем, функциональных блоков и так далее, теоретические основы которых взяты из методов автоматического управления.

Сразу же после появления программируемых устройств снижение сложности программирования стала одной из главных забот всех разработчиков.

Интересен момент выделения из общего дерева программных средств языков технологического программирования. Это событие стало результатом осознания особенностей задач, стоящих перед разработчиком АСУТП, и желания приблизить алгоритмиста-технologа к написанию прикладных программ. Для удобства технологов программы стали представлять в графическом виде, привычном для проектировщиков АСУТП: релейно-контактных схем (RCS), функциональных блоковых диаграмм (FBD), (SFC). К концу 80-х годов, как вершина этого подхода, был разработан стандарт IEC1131-3. Опубликованный в 1988г, он включил в себя 5 языков технологического программирования: перечисленные выше графические плюс текстовые ST и IL. На момент своего принятия стандарт использовал современные технологии программирования и стал важным этапом развития языков технологического программирования, существенно облегчив разработчикам создание прикладных программ.

Важно отметить, что использование данного стандарта полностью соответствует концепции открытых систем, а именно, делает программу для контроллера независимой от конкретного оборудования - ни от типа процессора, ни от операционной системы, ни от плат ввода-вывода.

Однако, поставленную задачу - стать средством программирования для технологов - языки стандарта не решили и решить не могли, т.к. структура описания алгоритма, естественная для технologа (примером которой может служить любая инструкция оператора-машиниста), принципиально отличается от структур языков 1131-3.

В 90-х годах в мире программирования произошла настоящая революция, связанная с внедрением объектной и компонентной технологий. Однако, перевернув весь программистский мир, они лишь всколыхнули поверхность в «стране» АСУТП. Знакомство с новейшими пакетами нескольких очень известных фирм разочаровывает - новые технологии используются преимущественно в графических и цифровых интерфейсах, почти не повлияв на внутреннюю организацию систем. Последняя редакция IEC1131-3, опубликованная в 1999 г, вообще не обратила на них никакого внимания, хотя при программировании систем реального времени эти технологии дают максимальный эффект. Фактически, первоначально удачный стандарт превратился сейчас в тормоз, а не стимул развития средств технологического программирования.

Характерно, что наиболее эффективные SCADA-системы, например Genesis32, в качестве встроенного средства программирования используют не языки 1131-3, а различные варианты Visual Basic - объектность и компонентность языка перевешивают его «нетехнологичность», но естественным для алгоритмиста-технologа такой язык не является.

Использование современных технологий позволяет уже сейчас создавать системы программирования действительно дружественные для алгоритмиста-технologа.

Основой современной системы технологического программирования являются:

- объектный подход;
- компонентная структура;
- технология «промежуточного слоя» с микроядром;
- непроцедурное программирование.

Объектный подход - мощная современная технология проектирования и программирования, разработанная в конце 80-х годов. К настоящему времени АСУТП в силу большой инерционности остается одной из наименее освоенных этой технологией областей. Он практически не используется в системах технологического программирования, а при организации управления «объектность» не поднимается выше

уровня задвижки и регулятора. Преимущества объектного подхода в сравнении с функциональным доказаны как теоретически, так и 15-летней практикой его использования.

В системе технологического программирования очень важны такие преимущества объектной технологии как естественный параллелизм описания процессов, легкость расширения набора функций без изменения структуры системы (например, при переходе от информационной системы к управляющей), простота расширения системы при увеличении объема автоматизации объекта, эффективность тиражирования на аналогичные объекты.

Компонентная структура - современная технология построения программной системы из набора типовых элементов (компонентов). Для всех компонентов разрабатывается единый протокол взаимодействия с исполняющей системой, пользователями и другими компонентами.

При программировании конкретного компонента достаточно описать внутреннюю логику его работы и реализацию указанного протокола, а все взаимодействия с окружением реализует исполняющая система. Использование технологии существенно сокращает сроки разработки и увеличивает надежность программного обеспечения.

Технология «промежуточного слоя» - современная технология, обеспечивающая высокую степень переносимости ПО путем создания в программной системе внутреннего системного слоя и максимальной локализации и стандартизации его взаимодействия с операционной системой.

Многослойная организация системы полностью изолирует технологическую логику работы прикладного ПО от используемых технических и низкоуровневых программных средств, обеспечивает высокую переносимость программного комплекса.

«Последним словом» данной технологии является использование виртуальных машин обеспечивающих максимальную переносимость программного кода.

Непроцедурные языки - современное направление системного программирования, позволяющее сконцентрировать внимание разработчика на описании целей и правил, а не на последовательности действий по их реализации (т.е. описывается «что делать» вместо «как делать»). Использование непроцедурного языка обеспечивает максимально возможную простоту и понятность программ для разработчика-технолога, перенося сложности процедурной реализации на системный уровень, что сокращает трудоемкость и сроки разработки, увеличивает надежность ПО.

## **1.8. Лекция № 17, 18, 19 (6 часов)**

**Тема:** «Организация работ по созданию и развитию ИУС».

### **1.8.1. Вопросы лекции:**

- 1.Общие аспекты создания и развития ИУС.
- 2.Стадии создания ИУС.

### **1.8.2. Краткое содержание вопросов:**

- 1.Общие аспекты создания и развития ИУС.

#### **1. Требования к системе в целом**

1. ИУС ГПП должна проектироваться как открытая иерархическая распределенная система с использованием стандартных протоколов межуровневого обмена.

2. Выбор структуры ИУС, фирмы-поставщика ПТК системы, датчиков и исполнительных механизмов (ИМ) должен осуществляться на альтернативной основе и иметь технико-экономическое обоснование,

3. ПТК как зарубежного, так и отечественного производства должны иметь сертификаты Госстандарта РФ и, как правило, опыт использования на аналогичных объектах.

4. Система должна предусматривать возможность автономной работы ПТС на различных уровнях.

5. Любые отключения каналов контроля параметров, определяющих взрывоопасность объекта, или изменение параметров системы защиты должны фиксироваться системой.

6. Должна быть предусмотрена возможность аварийной остановки технологического процесса по физическим каналам.

7. При создании системы должна предусматриваться разработка (поставка) тренажеров для обучения оперативного и эксплуатационного персонала.

8. На всех уровнях системы должна быть обеспечена защита от несанкционированного доступа к ее функциям и информации с помощью паролей, определяющих права доступа, ключей или других способов.

## **2. Требования к структуре системы**

### **2.1. Структура ИУС ГПП должна обеспечивать:**

- выполнение функций контроля и оптимального управления производством в целом;

- выполнение функций контроля и оптимального управления отдельными производственными подразделениями;

- выполнение функций контроля и оптимального управления отдельными установками и агрегатами как при нормальной работе, так и в нештатных ситуациях;

- ввод системы в действие по частям.

2.2. В ИУС ГПП выделяются три организационно-технологических уровня контроля и управления:

1 уровень - уровень локальных систем автоматики технологических объектов основного и вспомогательного производственного назначения. Пользователями системы на этом уровне являются эксплуатационный и обслуживающий персонал, осуществляющий наладку, периодическое обслуживание и профилактические работы технологического оборудования, средств и систем автоматики;

2 уровень - уровень автоматизированных технологических объектов (цехов) производства. Пользователями системы на этом уровне является персонал ОПС и руководство цехов;

3 уровень - уровень функционирования автоматизированного производства по переработке газа. Пользователями системы на данном уровне являются персонал ЦПДС и дирекция.

2.3. В зависимости от конкретной структуры ГПП, территориального расположения производственных структур, степени автоматизации технологических объектов, организационно-технологические уровни контроля и управления могут быть объединены.

2.4. Организационно-технологическая структура ИУС приведена на рисунке.

2.5. На первом уровне управления - уровне локальной автоматики - осуществляется управление работой конкретного технологического оборудования для поддержания хода технологического процесса в заданных границах в обычном режиме, сигнализация неисправностей и защита оборудования в аварийных ситуациях, обслуживание технологических объектов.

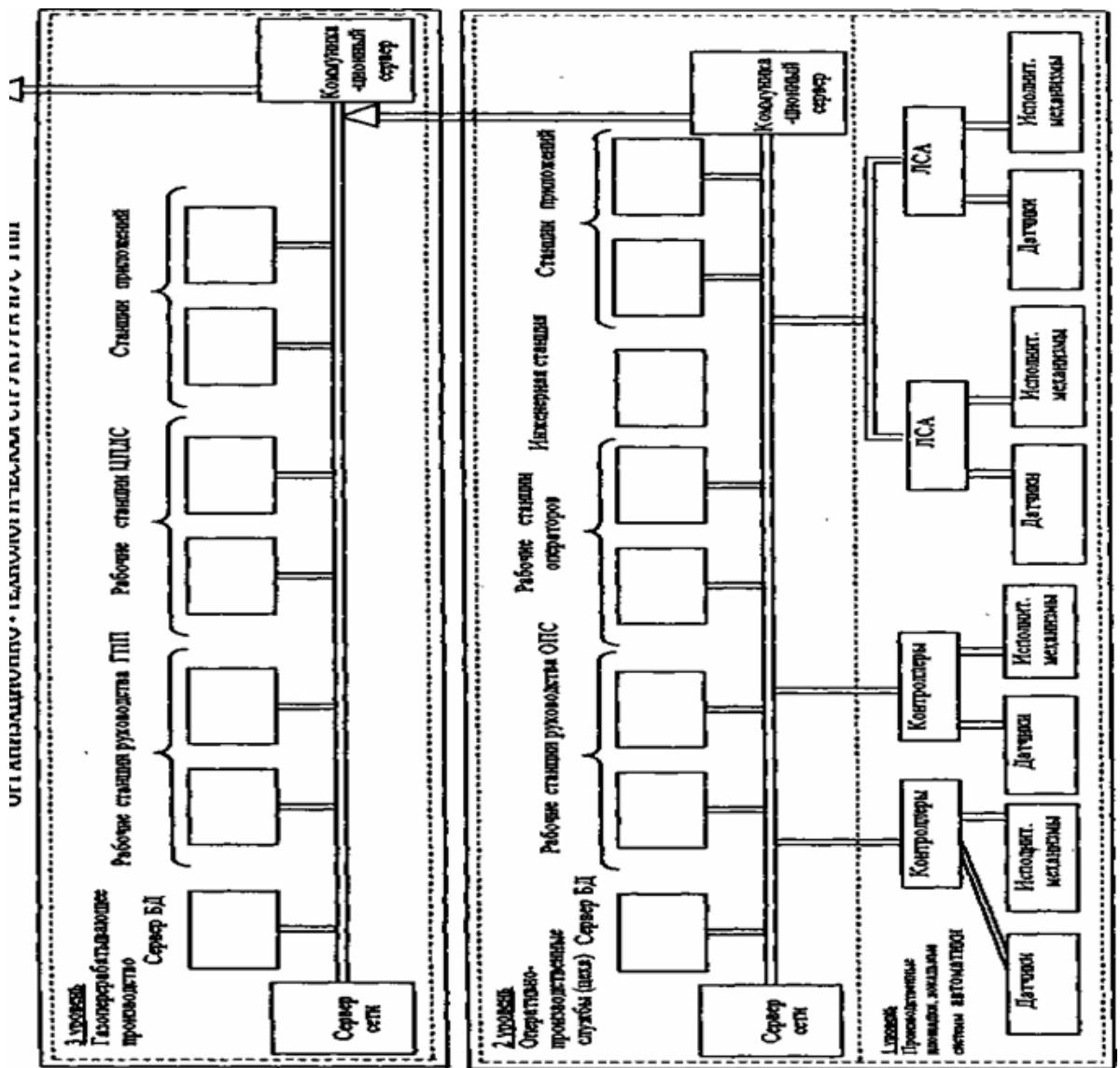
2.6. На втором уровне управления - уровне ОПС - на основе заданий-установок определяются установки режимов работы конкретных агрегатов и аппаратов, осуществляется оперативный контроль и анализ хода технологического процесса, состояния оборудования, оперативное руководство и контроль за проведением технического и ремонтного обслуживания оборудования, дистанционное управление

оборудованием в обычном режиме и нештатных ситуациях, соблюдение заданных технологических режимов.

2.7. На третьем уровне управления - уровне ЦПДС - определяются оптимальные технико-экономические задания (показатели), осуществляется контроль и анализ их выполнения, передаются задания-уставки для каждого технологического объекта, формируется информация для передачи на верхний - ЦПДУ РАО "Газпром".

2.8. В ИУС ГПП системы управления нижнего уровня должны работать независимо от состояния систем управления более высокого уровня, обеспечивая работу оборудования в рамках заданных границ.

На уровне локальной автоматики все системы должны работать в автоматическом режиме.



2.9. В ИУС ГОЛ на втором и третьем уровнях управления (ОПС, ЦПДС) должно обеспечаться автоматизированный режим работы с постоянным дежурным персоналом.

2.10 На первом уровне - уровне локальной автоматики - в структуре системы должны быть внедрены системы управления и противоаварийной защиты (ПАЗ).

2.11. Нарушение работы подсистемы управления не должно влиять на работу подсистемы ПАЗ.

2.12. Подсистема ПАЗ должна иметь резервирование на уровне всех блоков (модулей); определяющих ее работоспособность.

### **3. Требования к функциям ИУС**

#### **3. 1 . Требования к функциям на уровне ЦПДС**

Уровень ЦПДС предназначен для контроля и оптимального управления работой гап7ц"ом", производственными структурами более низкого уровня.

Этот уровень обеспечивает выполнение следующих функций.

- оперативное оптимальное управление работой производством в целом;
- планирование работы подразделений ГПП;
- контроль за ходом технологического процесса;
- обмен информацией с ЦПДУ РАО "Газпром";
- ведение базы данных ГПП.

формировании директивных команд для низовых структур.

3.1.2 Функции планирования работы подразделений ГПП выполняются в автоматизированном режиме по запросу диспетчера и включают:

- расчет и формирование оптимальных плановых заданий для низовых структур при изменении общего плана производства;
- расчет резервов производительности низовых подразделений;

3.1.3 Функции контроля за ходом технологического процесса выполняются периодически в автоматизированном режиме и включают.

- прием информации от нижнего уровня и предприятий - смежников;
- обработка и представление информации о работе производства, включая расчет ТЭП, производительности, составление материального баланса;
- формирование и печать отчетных документов;
- протоколирование событий;
- диагностика состояния технических средств верхнего уровня, включая средства передачи данных.

3.1.4. Функции обмена информацией с ЦПДУ РАО "Газпром" выполняются в автоматизированном режиме и включают:

- прием заданий от ЦПДУ;
- формирование и передача информации по запросу ЦПДУ.

3.1.5. Функции ведения базы данных производства выполняются в автоматическом режиме и включают:

- непрерывное обновление оперативной части базы данных по результатам работы подразделений;
- поиск и представление информации;
- ведение архива.

3.1.6. Оперативная информация, передаваемая в ЦПДС от производственных подразделений, включает в себя следующие данные:

- расход сырья;
- расход энергоносителей (пара, топливного газа, электроэнергии, воды и т.д.);
- расход и качество товарной (или выходной) продукции;
- расход сдаваемого конденсата;
- расход газа на собственные нужды;
- расход вспомогательных материалов;
- сигнализация о загазованности на производственных площадках;
- сигнализация о пожаре;
- сигнализация аварий основного технологического оборудования;
- запасы сырья, полуфабрикатов и товарных продуктов в парках, состояние отгрузки. Указанный перечень может уточняться в зависимости от специфики производства.

### 3.2. Требования к функциям системы на уровне ОПС

Уровень ОПС предназначен для контроля и оперативного оптимального управления работой цехов, технологических установок, отдельных агрегатов, систем локальной автоматики.

Уровень ОПС обеспечивает выполнение следующих функций:

- контроль технологических процессов;
- контроль состояния технологического оборудования;
- дистанционное управление;
- ведение базы данных по технологическому объекту;
- обмен информацией с уровнем ЦПДС.

Все функции уровня ОПС выполняются автоматически в режиме реального времени.

#### 3.2.1. Функции контроля технологических процессов включают:

- периодический опрос контроллеров и систем локальной автоматики;
- формирование и представление оперативному персоналу информации о состоянии технологического процесса, оборудования и нарушений хода технологического процесса;
- протоколирование событий и действий оперативного персонала;
- диагностику состояния КТС ИУС, включая средства обмена данными с контроллерами и системами локальной автоматики;
- контроль за работой системы противоаварийной защиты.

3.2.2. Функции дистанционного управления предусматривают возможность воздействия на объект.

#### 3.2.3. Функции ведения базы данных включают:

- непрерывное обновление оперативной части базы данных в режиме реального времени;
- поиск и представление информации;
- ведение архива.

### 3.3. Требования к функциям на уровне локальных систем автоматики

На этом уровне выполняются задачи управления работой отдельных агрегатов или технологических узлов в режиме реального времени.

КТС локальной автоматики, как правило, должен поставляться комплектно с оборудованием.

Уровень локальной автоматики обеспечивает выполнение следующих функций:

- контроль за ходом технологического процесса;
- управление агрегатом или технологическим узлом;
- регулирование;
- противоаварийная защита;
- обмен информацией с уровнем ОПС.

#### 3.3.1. Функции контроля технологического процесса включают:

- периодический опрос датчиков аналоговых сигналов;
- периодический опрос состояния отсекающей арматуры и оборудования с диагностикой их работоспособности;
- расчет действительных значений измеряемых параметров с Проверкой на нарушение предупредительных и аварийных границ;
- диагностику состояния КТС.

#### 3.3.2. Функции управления агрегатом или технологическим узлом включают:

- управление операциями пуска/останова (по командам с местного пульта или уровня ОПС);
- прием команд от уровня ОПС;
- формирование и выдача управляющих воздействий;
- контроль выполнения команд, подаваемых на исполнительные механизмы.

### 3.3.3. Функции регулирования включают

- расчет управляющих воздействий в соответствии с текущей величиной параметра и уставки;

- формирование и выдача управляющих сигналов;
- контроль за работой исполнительных механизмов.

### 3.3.4. Функции противоаварийной защиты включают:

- выявление аварийных ситуаций;
- выдача оперативному персоналу световой и звуковой сигнализации о нарушениях;

- выполнение действий по противоаварийной защите.

3.3.5. Должна быть предусмотрена возможность реализации функций простого, каскадного и взаимосвязанного регулирования по типовым и специальным законам регулирования.

3.3.6. Должна быть предусмотрена возможность реализации функций программно-логического управления при операциях пуска-останова и операциях переключения технологических аппаратов, реализации процедур автоматического включения резерва (АВР).

## 4. Требования к видам обеспечении системы

### 4.1. Требования к техническому обеспечению

4.1.1. Оборудование, устанавливаемое на открытых площадках, в зависимости от зоны расположения объекта должно быть устойчивым к воздействию температур от минус 50 град.С до плюс 50 град.С и влажности не менее 80 % при температуре 35 град.С.

4.1.2. ПТК ИУС должен допускать возможность наращивания, модернизации и развития системы, а при сдаче в эксплуатацию иметь резерв по каналам ввода/вывода не менее 20 %.

4.1.3. В поставку ПТК должно входить сервисное оборудование, обеспечивающее возможность оперативного обнаружения вышедших из строя устройств и их ремонт.

4.1.4. Все элементы, обеспечивающие выполнение функций противоаварийной защиты, должны быть дублированы.

4.1.5. Датчики, используемые в системе, должны отвечать требованиям взрывобезопасности. При выборе датчиков следует использовать аппаратуру с искробезопасными цепями. Чувствительные элементы датчиков, соприкасающиеся с сероводородсодержащей или другой агрессивной средой, должны быть выполнены из коррозионностойких материалов либо для их защиты необходимо использовать разделители сред.

4.1.6. Показатели надежности датчиков общепромышленного назначения рекомендуется выбирать, ориентируясь на показатели мирового уровня и лучшие образцы отечественных изделий, а именно:

1) время наработки на отказ не менее 100 тыс. час.;

2) срок службы не менее 10 лет.

4.1.7. Контроль за параметрами, определяющими взрывоопасное<sup>TM</sup> технологических объектов в подсистеме ПАЗ, должен осуществляться не менее, чем от двух независимых датчиков с раздельными точками отбора. Применение многоточечных приборов в подсистеме ПАЗ недопустимо.

4.1.8. Контроллеры должны иметь модульную архитектуру, позволяющую свободную компоновку каналов ввода/вывода. При необходимости ввода сигналов с датчиков, находящихся во взрывоопасной среде, допускается использовать как модули с искробезопасными входными цепями, так и внешние барьеры искробезопасности, размещаемые в отдельном конструктиве.

4.1.9. Контроль уровня в емкостях со сжиженными газами и легко воспламеняющимися жидкостями (ЛВЖ) должен производиться не менее, чем тремя

независимыми датчиками с сигнализацией верхнего предельного уровня не менее, чем от двух измерителей.

4.1.10. ПТК ИУС и средства измерения должны иметь сертификаты Госстандарта РФ и разрешение на применение, выдаваемое Госгортехнадзором.

4.1.11. Исполнительные механизмы (ИМ) подсистемы ПАЗ дополнительно должны иметь ручной привод и указатели крайних положений, устанавливаемые непосредственно на самих ИМ, а также устройства для ввода этой информации в систему с целью сигнализации состояния ИМ.

4.1.12. Регулирующие ИМ должны снабжаться позиционерами.

4.1.13. При выборе ИМ необходимо учитывать его безопасное состояние для процесса при отключении питания.

4.1.14. Контуры регулируемых параметров из числа определяющих взрывоопасность процесса рекомендуется реализовывать на индивидуальных регуляторах, предусматривающих быструю замену вышедшей из строя аппаратуры. Регуляторы должны иметь цифровую связь с ИУС и, по возможности, дублироваться ее средствами.

4.2. Требования к программному обеспечению системы

4.2.1. Программное обеспечение (ПО) ИУС включает в себя:

- системное ПО (операционные системы);
- инструментальное ПО;
- общее (базовое) прикладное ПО;
- специальное прикладное ПО.

4.2.2. Системное ПО должно обеспечивать выполнение всех функций ИУС.

На первом уровне это должна быть операционная система реального времени, временные характеристики и коммуникационные (сетевые) возможности которой удовлетворяют требованиям конкретного применения,

На втором и третьем уровнях это должна быть сетевая операционная система с развитыми средствами поддержки баз данных реального времени и графического интерфейса пользователя.

Операционные системы всех уровней ИУС должны иметь стандартные открытые сетевые протоколы обмена данными.

4.2.3. Инструментальное ПО должно обеспечивать выполнение функций конфигурирования (настройки) базового прикладного ПО и создание специального прикладного ПО.

Набор функций конфигурирования в общем случае должен включать в себя:

- создание и ведение базы данных конфигурации (БДК) по входным/выходным сигналам;
- конфигурирование алгоритмов управления, регулирования и защиты с использованием стандартных функциональных блоков;
- создание мнемосхем (видеокадров) для визуализации состояния технологических объектов;
- конфигурирование отчетных документов (рапортов, протоколов);
- конфигурирование трендов истории параметров;
- конфигурирование системных и сетевых параметров.

Средства создания специального прикладного ПО должны включать в себя технологические и универсальные языки программирования и соответствующие средства разработки (компиляторы, отладчики). Технологические языки программирования должны соответствовать стандарту IEC 1131-3.

4.2.4. Базовое прикладное ПО должно обеспечивать выполнение стандартных функций соответствующего уровня ИУС (опрос, измерение, фильтрация, визуализация, сигнализация, регистрация и др.).

4.2.5. Специальное прикладное ПО должно обеспечивать выполнение нестандартных функций соответствующего уровня ИУС (специальные алгоритмы управления, расчеты и др.).

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

### **2.1. Лабораторная работа № 1, 2, 3 (6 часов).**

**Тема:** «Основные понятия ИУС».

#### **2.1.1. Вопросы к занятию:**

1. Анализ функций, выполняемых ИУС.

#### **2.1.2. Краткое описание проводимого занятия:**

2.1.2.1. Проведение текущего контроля успеваемости

*Задания для проведения текущего контроля успеваемости*

1) в основе информационной системы лежит

+ среда хранения и доступа к данным

- вычислительная мощность компьютера

- компьютерная сеть для передачи данных

- методы обработки информации

2) информационные системы ориентированы на

+ конечного пользователя, не обладающего высокой квалификацией

- программиста

- специалиста в области СУБД

- руководителя предприятия

3) неотъемлемой частью любой информационной системы является

+ база данных

- программа созданная в среде разработки delphi

- возможность передавать информацию через интернет

- программа, созданная с помощью языка программирования высокого уровня

### **2.2. Лабораторная работа № 4, 5, 6, 7 (8 часов).**

**Тема:** «Информационные системы и процессы».

#### **2.2.1. Вопросы к занятию:**

1.Разработка статической экономической модели управления предприятием.

2.Оценка уровня качества информационных систем.

#### **2.2.2. Краткое описание проводимого занятия:**

2.2.2.1. Проведение текущего контроля успеваемости

*Задания для проведения текущего контроля успеваемости*

1) традиционным методом организации информационных систем является

+ архитектура клиент-сервер

- архитектура клиент-клиент

- архитектура сервер- сервер

- размещение всей информации на одном компьютере

2) первым шагом в проектировании ИС является

+формальное описание предметной области

+построение полных и непротиворечивых моделей ИС

- выбор языка программирования

- разработка интерфейса ИС

3) модели ИС описываются, как правило, с использованием

+ языка uml

- delphi

- СУБД

- языка программирования высокого уровня

### **2.3. Лабораторная работа № 8, 9, 10 (6 часов).**

**Тема:** «Управление организационными системами».

#### **2.3.1. Вопросы к занятию:**

1. Разработка динамической экономической модели управления организационной системой.

#### **2.3.2. Краткое описание проводимого занятия:**

2.3.2.1. Проведение текущего контроля успеваемости

*Задания для проведения текущего контроля успеваемости*

1) по масштабу ИС подразделяются на

+ одиночные, групповые, корпоративные

- малые, большие

- сложные, простые

- объектно-ориентированные и прочие

2) СУБД oracle, db2, microsoft sql server относятся к

+ серверам баз данных

- локальным

- сетевым

- постреляционным

3) по сфере применения ИС подразделяются на

+ системы обработки транзакций

+ системы поддержки принятия решений

- системы для проведения сложных математических вычислений

- экономические системы

### **2.4. Лабораторная работа № 11, 12, 13, 14 (8 часов).**

**Тема:** «Категориальные понятия системного анализа автоматизированных систем».

#### **2.4.1. Вопросы к занятию:**

1. Исследование автоматизированной методики измерения влияния факторов в мультиплектических моделях

#### **2.4.2. Краткое описание проводимого занятия:**

2.4.2.1. Проведение текущего контроля успеваемости

*Задания для проведения текущего контроля успеваемости*

1) составление сметы и бюджета проекта, определение потребности в ресурсах, разработка календарных планов и графиков работ относятся к фазе

+ подготовки технического предложения

- концептуальной

- проектирования

- разработки

2) сбор исходных данных и анализ существующего состояния, сравнительная оценка альтернатив относятся к фазе

+ концептуальной

- подготовки технического предложения

- проектирования

- разработки

3) наиболее часто на начальных фазах разработки ИС допускаются следующие ошибки

+ ошибки в определении интересов заказчика

- неправильный выбор языка программирования

- неправильный выбор СУБД

- неправильный подбор программистов

## **2.5. Практическое занятие № 1, 2, 3, 4 (8 часов).**

**Тема:** «Основные понятия об автоматизированных системах управления».

### **2.5.1. Вопросы к занятию:**

1. Принципы автоматизации управления.

2. Разработка АСУ

### **2.5.2. Краткое описание проводимого занятия:**

2.5.2.1. Ответы на вопросы семинарского (практического) занятия.

2.5.2.2. Проведение текущего контроля успеваемости

*Задания для проведения текущего контроля успеваемости*

1) что входит в функции АСУ ТП.

+ сбор информации о технологических параметрах и состоянии оборудования

+ ведение базы данных реального времени

- вывод данных на печать

- наблюдение за производственным процессом

2) в состав АСУ ТП входит

+ информационное обеспечение

- средства вычислительной техники

- управление транспортом

+ организационное обеспечение

+ метрологическое обеспечение

3) информационное обеспечение АСУ ТП включает

- исполнительные устройства

+ электронные архивы данных

+ система кодирования информации

- методы фильтрации сигналов

## **2.6. Практическое занятие № 5, 6, 7, 8, 9, 10 (12 часов).**

**Тема:** «Концептуальное моделирование ИУС».

### **2.6.1. Вопросы к занятию:**

1. Использование фреймов и слотов для представления знаний.

2. Описание семантических сетей.

### **2.6.2. Краткое описание проводимого занятия:**

2.6.2.1. Ответы на вопросы семинарского (практического) занятия.

2.6.2.2. Проведение текущего контроля успеваемости

*Задания для проведения текущего контроля успеваемости*

1. Если  $N_i$  - число потерянных заявок,  $N_j$  - число обслуженных заявок, то вероятность потери заявок определяется выражением:

+ a)  $p=N_i/(N_i + N_j)$

b)  $p=N_i/(N_i + N_i)$

c)  $p=N_j/(N_i + N_j)$

d)  $p=1 - N_i/(N_i + N_j)$

e)  $p=1 + N_i/(N_i + N_j)$

2. Что называется моделированием:

+ a) замещение одного объекта другим с целью получения информации о важнейших свойствах объекта оригинала с помощью объекта-модели

b) суждение о каком-либо сходстве двух объектов

c) все то, на что направлена человеческая деятельность

d) объект заместитель объекта оригинала, обеспечивающий изучение свойств окружающей среды

e) определенные предсказания, основывающиеся на небольшом количестве опытных данных, наблюдений

- f) проектирование реальной системы
3. Формализм, описывающий структуру и взаимодействие параллельных систем и процессов, называется .....
- + a) сеть Петри
  - b) автомат Мура
  - c) автомат Мили
  - d) асинхронный автомат
  - e) синхронный автомат
  - f) вероятностный автомат
  - g) логическая схема

## **2.7. Практическое занятие № 11, 12, 13, 14, 15, 16 (12 часов).**

**Тема:** «Автоматизированные рабочие места».

### **2.7.1. Вопросы к занятию:**

- 1.Назначение АРМ в интегрированной ИУС
- 2.Характеристика основных видов обеспечения АРМ.

### **2.7.2. Краткое описание проводимого занятия:**

- 2.7.2.1. Ответы на вопросы семинарского (практического) занятия.

- 2.7.2.2. Проведение текущего контроля успеваемости

*Задания для проведения текущего контроля успеваемости*

- 1) что не входит в функции ИУС
  - контроль состояния управляемого объекта
  - обмен данными с внешними системами
  - управление специализированными приборами
  - + обработка и сбор данных
- 2) специфика ИУС включает в себя
  - + работа в реальном времени
  - +ограничения по ресурсам
    - производственно-хозяйственную или иную деятельность
    - областью функционирования предприятия
    - + устойчивость к сбоям
- 3) математические задачи ИУС
  - + верификация работы
  - автоматизация информационных процессов
  - + генерация текстовых покрытий
  - + выбор оптимальной конфигурации
  - воспроизведение и регистрация информации

## **2.8. Практическое занятие № 17, 18, 19, 20, 21, 22 (12 часов).**

**Тема:** «Организация работ по созданию и развитию ИУС».

### **2.8.1. Вопросы к занятию:**

- 1.Общие аспекты создания ИУС.
- 2.Стадии создания ИУС.

### **2.8.2. Краткое описание проводимого занятия:**

- 2.8.2.1. Ответы на вопросы семинарского (практического) занятия.

- 2.8.2.2. Проведение текущего контроля успеваемости

*Задания для проведения текущего контроля успеваемости*

- 1) разработчик должен установить и документировать в виде требований к последующие спецификации и характеристики
  - + функциональные и возможные спецификации
  - + внешние связи с единицей ПО
  - совместимость с операционной системой Windows

- время отклика ПО

2) согласно стандарту ISO 12207 набор критериев, или условий, которые должны быть удовлетворены для того, чтобы квалифицировать программный продукт как подчиняющийся (удовлетворяющий условиям) его спецификациям и готовый для использования в целевой окружающей среде, это

+ квалификационные требования

- система спецификаций

- набор критериев и спецификаций

- техническое задание

3) методология быстрой разработки приложений используется для разработки

+ небольших ИС

- типовых ИС

- приложений, в которых интерфейс пользователя является вторичным

- систем, от которых зависит безопасность людей